ATTI
DELLA
R. ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVII

1910

SERIE QUINTA

MEMORIE
DELLA CLASSE DI SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE E NATURALI

VOLUME VIII.

ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI
1912

ATTI

DELLA

R. ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVII.

1910

SERIE QUINTA

MEMORIE

DELLA CLASSE DI SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE E NATURALI

VOLUME VIII.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. VINCENZO SALVIUCCI

1910

La teoria delle forme differenziali di ordine e grado qualunque.
Memoria del Corrispondente ERNESTO PASCAL.

Presentata nelle ferie accademiche del 1909

Parva domus, sed mea.

Alcuni anni fa attrasse in modo speciale la mia attenzione il fatto che, mentre nel corso del secolo si erano succedute numerose ricerche su due tipi specialissimi, e i più semplici, di forme differenziali, e cioè su quelle di 1° ordine e di 1° grado *(forme pfaffiane)*, e su quelle di 1° ordine e di 2° grado *(forme differenziali quadratiche)*, i problemi relativi alle forme superiori non erano stati quasi neanche posti, e neanche era stato approfondito lo studio di quelle formole di calcolo che dello studio delle forme differenziali superiori devono essere il naturale fondamento.

Eppure la teoria delle forme pfaffiane, che può dirsi cominciata da Pfaff sin dal 1815 e proseguita indi principalmente da Jacobi, Grassmann, Clebsch, Frobenius, Lie, Mayer, Engel, Ed. von Weber, e quella delle forme differenziali quadratiche coi lavori di Riemann, Christoffel, Lipschitz, Beltrami, Bianchi, Ricci, ecc., erano due teorie che presentavano una serie di problemi la cui estensione non potea non eccitare fortemente la curiosità dei matematici; e questi problemi, quali per esempio quello di riduzione del numero delle variabili, quello della riducibilità a tipi speciali, quello dell'equivalenza, quello della costruzione dei covarianti e invarianti delle forme stesse, quello della invariabilità delle forme per trasformazioni infinitesime, ecc., erano tali, per la loro difficoltà e per la loro portata, da potere bene costituire nel loro complesso un corpo di dottrina a sè, un nuovo capitolo dell'Analisi.

Ma a capo di tutti questi problemi ne stava uno che era di tutti gli altri la necessaria preparazione, e cioè *la costruzione e lo studio* di quelle formazioni che, per le forme differenziali generali, devono essere ciò che sono, p. es. i simboli di Christoffel per le forme differenziali quadratiche; questo era pertanto il problema che bisognava, prima d'ogni altro, affrontare e risolvere, e perciò le mie ricerche cominciarono da questo punto.

Ebbi la fortuna di raggiungere la soluzione completa e semplice della quistione, e di poter costruire queste formazioni fondamentali, colle quali tutta la teoria era messa sulla sua strada maestra.

Lo scopo della presente Memoria è ora di raccogliere in ordine sistematico e di completare la massima parte di quanto ho trovato sulla teoria delle forme differenziali generali, presentando così una trattazione ordinata dei miei studî, che potrà ben servire alla loro maggiore divulgazione, e a vincere quelle difficoltà che un lettore, anche esperto, potrebbe per avventura trovare nel raccogliere da sè solo ciò che è sparso qua e là in numerosi lavori.

Oso infine sperare che, pensando a quanto di questa teoria c'era qualche anno fa, non si vorrà considerare come troppo ardito il motto di cui mi è piaciuto ornare questo scritto: *Parva domus, sed mea.*

ERNESTO PASCAL.

PARTE PRIMA

Fondamenti per la teoria delle forme differenziali.

§ 1.

Le espressioni differenziali δ.

La prima cosa che dobbiamo fare è lo studio di certe notevoli espressioni differenziali (che indicheremo con la lettera δ) che sono congegnate in un modo piuttosto complesso, ma si presentano naturalmente in quistioni elementari di analisi, e servono di base alla teoria che dobbiamo costruire. La loro introduzione, coll' uso delle caratteristiche proprietà da esse possedute, rende possibili e agevoli calcoli che sarebbero in altro modo quasi impraticabili. Formando i successivi differenziali di una funzione f di n variabili dipendenti $x_1 \dots x_n$, è facile riconoscere, per induzione, che il differenziale r^{mo} di f risulta della somma di r sommatorî, uno semplice, uno doppio, uno triplo, ecc. uno r^{plo}, ogni termine dei quali è il prodotto di una derivata m^{ma} $(m = 1, 2, \dots, r)$ di f, per una espressione, in generale polinomia, di grado m nei differenziali delle variabili. Possiamo propriamente scrivere:

$$(1) \qquad d^r f = \sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1=1}^{n} \cdots \sum_{j_m=1}^{n} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}} \Delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m}$$

dove

$$(2) \qquad \Delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m} = \sum_{i_1 \dots i_m} [i_1 \dots i_m]^{(r)} d^{i_1} x_{j_1} \dots d^{i_m} x_{j_m} \qquad \left(\sum_{s=1}^{m} i_s = r \right)$$

intendendo che il sommatorio rispetto alle $i_1 \dots i_m$ si debba estendere a tutti i valori interi positivi, maggiori di zero, di tali numeri, di cui la somma sia sempre eguale ad r, cioè a tutte le *partizioni senza ripetizioni* del numero r in m addendi, e che $[i_1 \dots i_m]^{(r)}$ sia un coefficiente numerico da determinare.

Così p. es.

$$\Delta_j^{(2)} = d^2 x_j \quad , \quad \Delta_{j_1 j_2}^{(2)} = dx_{j_1}\, dx_{j_2}$$

$$\Delta_j^{(3)} = d^3 x_j \quad , \quad \Delta_{j_1 j_2}^{(3)} = 3 d^2 x_{j_1}\, dx_{j_2} \quad , \quad \Delta_{j_1 j_2 j_3}^{(3)} = dx_{j_1}\, dx_{j_2}\, dx_{j_3}$$

$$\Delta_j^{(4)} = d^4 x_j \quad , \quad \Delta_{j_1 j_2}^{(4)} = 4 d^3 x_{j_1}\, dx_{j_2} + 3 d^2 x_{j_1}\, d^2 x_{j_2} \quad , \quad \Delta_{j_1 j_2 j_3}^{(4)} = 6 d^2 x_{j_1}\, dx_{j_2}\, dx_{j_3}$$

ecc. ecc. ecc.

E la complicazione di queste espressioni, meno di quelle estreme, aumenta, come è naturale, rapidamente.

Prima di proseguire ci è utile fare una modificazione alle precedenti formole. L'espressione del Δ non è simmetrica in rapporto agli indici inferiori $j_1 \dots j_m$; ma, senza alterare la (1), si può adoperare una espressione simmetrica, il che sarà molto opportuno in seguito.

In effetti, se in ciascun termine della (1) si permutano gli j in tutti gli $m!$ modi possibili, si sommano i risultati, e tale somma si divide per $m!$, la (1) resta inalterata, e possiamo scrivere

$$d^r f = \sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_m}^{1 \dots n} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}} \delta_{j_1 \dots j_m}^{(r)} \tag{3}$$

dove

$$\delta_{j_1 \dots j_m}^{r} = \frac{1}{m!} \mathrm{S}_j \sum_{i_1 \dots i_m} [i_1 \dots i_m]^{(r)} d^{i_1} x_{j_1} \dots d^{i_m} x_{j_m} , \qquad \left(\sum_{s=1}^{m} i_s = r \right) \tag{4}$$

indicando con S_j l'operazione del sommare tutti i risultati che si ottengono colla permutazione delle j fra loro in tutti i modi possibili, e intendendo che il sommatorio rispetto alle $i_1 \dots i_m$ debba estendersi a tutte le *partizioni senza ripetizioni* del numero r in m addendi.

Il simbolo $[i_1 \dots i_m]^{(r)}$ rappresenta un coefficiente numerico che resta ancora a determinare.

Avvertiamo poi che alle volte, per evitare confusioni, avendosi varie δ, formate alcune colle variabili x, altre colle variabili y, ecc., gioverà scrivere $\delta_{j_1 \dots j_m}^{(r)}(x)$ in luogo di $\delta_{j_1 \dots j_m}^{(r)}$ per le δ formate colle x, e similmente per le altre.

§ 2.

Proprietà e formole relative alle δ.

Le espressioni δ incontrate nel § precedente hanno alcune rimarchevoli proprietà che ora vogliamo passare ad esporre. Così p. es. il loro differenziale si esprime mediante i δ stessi, e analoga cosa accade per il risultato dell'applicazione su essi del

simbolo di una trasformazione infinitesima; inoltre le δ si riproducono con una qualunque trasformazione di variabili.

Nella totalità delle δ ve ne sono alcune che non sono altro che il differenziale r^{mo} di una variabile; infatti è evidentemente

$$\delta_j^{(r)} = d^r x_j\,;$$

inoltre è anche

$$\delta_{j_1 \dots j_r}^{(r)} = dx_{j_1} \dots dx_{j_r}.$$

Da

$$d\,d^r f = d^{r+1} f,$$

adoperando la (3) si ha:

$$\sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_{m+1}} \frac{\partial^{m+1} f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_{m+1}}} dx_{j_{m+1}} \delta_{j_1 \dots j_m}^{(r)} + \sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_m} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}} d\delta_{j_1 \dots j_m}^{(r)} =$$
$$= \sum_{m=1}^{r+1} \sum_{j_1 \dots j_m} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}} \delta_{j_1 \dots j_m}^{(r+1)}.$$

Nel primo sommatorio mutiamo m in $m-1$, indi scambiamo j_m con ciascuno degli $j_1 \dots j_{m-1} j_m$, sommiamo e dividiamo per m e paragoniamo infine i coefficienti delle medesime derivate al primo e secondo membro.

Ponendo poi $\delta_{j_m}^{(1)}$ in luogo di dx_{j_m}, si ha la formola:

$$(5) \qquad d\delta_{j_1 \dots j_m}^{(r)} = \delta_{j_1 \dots j_m}^{(r+1)} - \frac{1}{m} S_{j_m} \delta_{j_1 \dots j_{m-1}}^{(r)} \delta_{j_m}^{(1)}, \qquad (m = 2, 3, \dots r)$$

intendendo con S_{j_m} l'operazione del sommare tutti gli m risultati ottenuti scambiando j_m con ciascuno degli $j_1 \dots j_{m-1} j_m$.

La precedente formola vale però solo per $m > 1$; per $m = 1$ essa deve evidentemente essere surrogata da

$$(6) \qquad d\delta_j^{(r)} = \delta_j^{(r+1)},$$

cioè per $m = 1$, bisogna intendere, nel secondo membro della formola (6), soppressa la seconda parte, che non avrebbe infatti significato alcuno per tal caso.

Passiamo ora a trovare la formola che dà il risultato dell'applicazione del simbolo di una trasformazione infinitesima

$$(7) \qquad \Xi = \sum_{i=1}^{n} \xi_i \frac{\partial}{\partial x_i}$$

sull'espressione differenziale δ.

Stabiliremo *per definizione* che l'operazione rappresentata dal simbolo Ξ sia permutabile con quella rappresentata dal simbolo di differenziale d, e perciò

$$\Xi\, d^r f = d^r\, \Xi f = \sum_{i=1}^{n} d^r\left(\xi_i \frac{\partial f}{\partial x_i}\right) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=0}^{r}\binom{r}{k} d^k \xi_i\, d^{r-k}\frac{\partial f}{\partial x_i}.$$

Sostituendo in questa formola per $d^r f$ e $d^{r-k}\frac{\partial f}{\partial x_i}$ i loro valori, si ha:

$$\sum_{m=1}^{r}\sum_{j_1\ldots j_m}\sum_{i}\frac{\partial^{m+1} f}{\partial x_{j_1}\ldots\partial x_{j_m}\partial x_i}\xi_i\,\delta^{(r)}_{j_1\ldots j_m} + \sum_{m=1}^{r}\sum_{j_1\ldots j_m}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\ldots\partial x_{j_m}}\Xi\,\delta^{(r)}_{j_1\ldots j_m} =$$

$$= \sum_{k=0}^{r-1}\sum_{m=1}^{r-k}\sum_{j_1\ldots j_m}\sum_{i}\binom{r}{k}\frac{\partial^{m+1} f}{\partial x_{j_1}\ldots\partial x_{j_m}\partial x_i} d^k \xi_i\,\delta^{(r-k)}_{j_1\ldots j_m} + \sum_i \frac{\partial f}{\partial x_i} d^r \xi_i .$$

Sopprimendo i termini eguali al primo e secondo membro, cioè il termine del secondo membro per $k=0$ che è lo stesso della prima parte del primo membro, e l'ultimo termine del secondo membro che è lo stesso di ciò che si ottiene dalla seconda parte del primo membro per $m=1$, essendo $\xi_i = \Xi x_i$, mutando indi nel secondo membro m in $m-1$, osservando che

$$\sum_{k=1}^{r-1}\sum_{m=2}^{r-k+1} = \sum_{m=2}^{r}\sum_{k=1}^{r-m+1},$$

e ponendo $i = j_m$, si ha:

$$\sum_{m=2}^{r}\sum_{j_1\ldots j_m}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\ldots\partial x_{j_m}}\Xi\,\delta^{(r)}_{j_1\ldots j_m} =$$

$$= \sum_{m=2}^{r}\sum_{j_1\ldots j_m}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\cdots\partial x_{j_m}}\sum_{k=1}^{r-m+1}\binom{r}{k} d^k \xi_{j_m}\,\delta^{(r-k)}_{j_1\ldots j_{m-1}}.$$

Se ora paragoniamo i coefficienti delle medesime derivate di f al primo e secondo membro, e per ciò fare permutiamo le $j_1 \ldots j_m$ fra loro in tutti i modi possibili, osserviamo che le δ sono simmetriche negli indici inferiori, e introduciamo il simbolo S_{j_m} con analogo significato che di sopra, *abbiamo infine la formola:*

$$\Xi\,\delta^{(r)}_{j_1\ldots j_m} = \frac{1}{m} S_{j_m}\sum_{k=1}^{r-m+1}\binom{r}{k} d^k \xi_{j_m}\,\delta^{(r-k)}_{j_1\ldots j_{m-1}} \tag{8}$$

valevole per $m = 2, 3, \ldots, r$, mentre per $m=1$ si ha semplicemente:

$$\Xi\,\delta^{(r)}_j = d^r \xi_j . \tag{9}$$

Stabiliamo ora un'altra formola, che ci servirà in seguito, relativa al valore di una certa espressione quadratica nelle δ.

Dal differenziale r^{mo} del prodotto di due funzioni f e φ, che può scriversi (¹):

$$d^r(f\varphi)=\sum_{\varrho=1}^{r}\sum_{m=0}^{\varrho}\sum_{j_1\dots j_m}\sum_{i_1\dots i_{\varrho-m}}\binom{\varrho}{m}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\dots\partial x_{j_m}}\frac{\partial^{\varrho-m}\varphi}{\partial x_{i_1}\dots\partial x_{i_{\varrho-m}}}\delta^{(r)}_{j_1\dots j_m i_1\dots i_{\varrho-m}},$$

paragonando con

$$d^r(f\varphi)=\sum_{p=0}^{r}\binom{r}{p}d^pf\,d^{r-p}\varphi=$$

$$=\sum_{p=0}^{r}\sum_{m=1}^{p}\sum_{\varrho=m+1}^{m+r-p}\sum_{j_1\dots j_m}\sum_{i_1\dots i_{\varrho-m}}\binom{r}{p}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\dots\partial x_{j_m}}\frac{\partial^{\varrho-m}\varphi}{\partial x_{i_1}\dots\partial x_{i_{\varrho-m}}}\delta^{(p)}_{j_1\dots j_m}\delta^{(r-p)}_{i_1\dots i_{\varrho-m}}$$

sopprimendo i termini corrispondenti a $m=0$ e $m=\varrho$, e ponendo nella prima formola

$$\sum_{\varrho=2}^{r}\sum_{m=1}^{\varrho-1}=\sum_{m=1}^{r-1}\sum_{\varrho=m+1}^{r}$$

e nella seconda

$$\sum_{p=1}^{r-1}\sum_{m=1}^{p}\sum_{\varrho=m+1}^{m+r-p}=\sum_{m=1}^{r-1}\sum_{\varrho=m+1}^{r}\sum_{p=m}^{r+m-\varrho},$$

e paragonando infine i termini simili si ha:

$$(10)\qquad \sum_{p=m}^{r+m-\varrho}\binom{r}{p}\delta^{(p)}_{j_1\dots j_m}\delta^{(r-p)}_{i_1\dots i_{\varrho-m}}=\binom{\varrho}{m}\delta^{(r)}_{j_1\dots j_m i_1\dots i_{\varrho-m}}$$

valevole per $\varrho>m$ e per qualunque sistema di indici $j_1\dots j_m\ i_1\dots i_{\varrho-m}$.

Della trasformazione delle δ per la trasformazione delle variabili tratteremo in un prossimo paragrafo (v. § 11).

(¹) È da osservare che, dovendo effettuare il sommatorio rispetto a tutti i valori delle i e j, lo spezzamento delle variabili in due gruppi di m e di $\varrho-m$, basta farlo *in un sol modo,* e non in tutti i modi possibili, come sarebbe da farsi in altro caso.

§ 3

Formole di ricorrenza fra i coefficienti numerici che compaiono nelle δ.

Sostituendo nella (5) per le δ i loro valori, possiamo scrivere:

$$\mathrm{S}_j \sum_i [i_1 \dots i_m]^{(r+1)} d^{i_1} x_{j_1} \dots d^{i_m} x_{j_m} = \mathrm{S}_j \sum_k [k_1 \dots k_m]^{(r)} d \,.\, \} d^{k_1} x_{j_1} \dots d^{k_m} x_{j_m} \{ +$$

$$+ \mathrm{S}_j \sum_h [h_1 \dots h_m]^{(r)} d^{h_1} x_{j_1} \dots d^{h_{m-1}} x_{j_{m-1}} dx_{j_m} ,$$

avendo potuto evidentemente sostituire $\mathrm{S}_{j_m} \mathrm{S}_{j_1 \dots j_{m-1}}$ coll'unico S_j che si riferisce a tutte le permutazioni di tutte le j, mentre che $\mathrm{S}_{j_1 \dots j_{m-1}}$ si riferisce a quelle delle sole $j_1 \dots j_{m-1}$ e S_{j_m} allo scambio di j_m con ciascuna di tutte le altre j. Ora supponiamo assegnato un sistema di numeri $i_1 \dots i_m$ soddisfacenti a $i_1 + \dots + i_m = r + 1$ e di cui nessuno sia uguale a 1. Esaminiamo quanti termini simili a quello in vista nel primo membro, compaiono nel secondo. Poichè nella seconda parte del secondo membro comparisce dx_{j_m}, e nessuno degli indici i nel primo membro è uguale ad 1, così bisogna cercare i suddetti termini simili solo nella prima parte del secondo membro.

In questa si hanno i termini richiesti se si prende, p. es.,

$$k_1 = i_1 - 1 \,,\, k_2 = i_2 \,,\, \dots \,,\, k_m = i_m \,; \tag{11}$$

ma se poi fosse, p. es, $i_2 = i_1$, allora il termine che si avrebbe ponendo

$$k_1 = i_1 \,,\, k_2 = i_2 - 1 \,,\, \dots \,,\, k_m = i_m$$

bisogna non considerarlo, giacchè esso non esiste nel $\sum_k$ il quale deve estendersi solo a tutte la partizioni *senza ripetizioni* di r.

Inoltre, se supponiamo che p. es. è $i_1 - 1 = i_2$, allora

$$d \,\}\, d^{i_1 - 1} x_{j_1} \dots d^{i_m} x_{j_m} \{$$

contiene i due termini

$$d^{i_1} x_{j_1} d^{i_2} x_{j_2} \dots d^{i_m} x_{j_m} + d^{i_1 - 1} x_{j_1} d^{i_2 + 1} x_{j_2} \dots d^{i_m} x_{j_m} ,$$

e dal secondo, scambiando j_1 con j_2 si ottiene un termine simile al primo tenendo conto che è $i_1 - 1 = i_2$. Di qui si vede che di termini pei quali i k abbiano i valori (11) ve ne sono tanti, quanti sono fra i secondi membri di (11) i numeri eguali

a $i_1 - 1$, e ogni volta che due delle i sono eguali, dei due sistemi di k ottenuti diminuendo di una unità l'uno o l'altro di essi, bisogna considerarne un solo.

Questo porta a ciò: fra i numeri $i_1 \dots i_m$ ve ne sieno solo s fra loro diversi, e sieno, per fissare le idee, $i_1 \dots i_s$; sia inoltre t_1 il numero degli $i_1 - 1, i_2, \dots, i_m$ eguali ad $i_1 - 1$; t_2 il numeri degli $i_1, i_2 - 1, \dots, i_m$ eguali ad $i_2 - 1$, ecc.; *si ha la formola*:

$$[i_1 \dots i_m]^{(r+1)} = t_1 [i_1 - 1, i_2, \dots, i_m]^{(r)} + t_2 [i_1, i_2 - 1, \dots, i_m]^{(r)} + \cdots \tag{12}$$

$$\cdots + t_s [i_1, i_2, \dots, i_s - 1, i_{s+1} \dots i_m]^{(r)}$$

valevole pel caso in cui nessuno degli i sia uguale ad 1. Se poi uno degli i diversi fra loro, p. es. i_1 è eguale ad 1, non può porsi, come in (11), $k_1 = i_1 - 1 = 0$, perchè tal valore di k_1 non esiste nel $\sum_k$; ma un termine simile bisogna allora cercarlo nella seconda parte del secondo membro, da cui lo si ottiene ponendo

$$h_1 = i_m, \; h_2 = i_2, \; \dots, \; h_{m-1} = i_{m-1},$$

e indi scambiando j_1 con j_m; cosicchè nel secondo membro della formola (12) in luogo del primo termine, bisognerà allora intendere semplicemente

$$[i_2 \, i_3 \dots i_m]^{(r)}.$$

Ma, osservando che, quando $i_1 = 1$, il numero t_1 definito di sopra è anch'esso eguale ad 1, si può infine dire che *la formola* (12) *sussiste in ogni caso*, purchè si intenda di sopprimere nei simboli del secondo membro quelli indici che risultassero zero, e dei quali pertanto non ve ne può essere più di uno, essendo, per ipotesi, tutti fra loro diversi i numeri $i_1 \dots i_s$.

Resta così trovata la formola di ricorrenza per i coefficienti numerici che compaiono nell'espressione dei δ.

Passiamo ora, mediante questa formola, alla determinazione esplicita di tali coefficienti.

§ 4.

Determinazione dei coefficienti numerici che compaiono nelle δ.

Dico che si ha:

$$[i_1 \dots i_m]^{(r)} = \frac{r!}{i_1! \dots i_m! \, \varrho_1! \dots \varrho_s!}, \tag{13}$$

dove, supposto come sopra che fra le $i_1 \dots i_m$ ve ne sieno s fra loro diverse, e sieno $i_1 \dots i_s$, le $\varrho_1 \dots \varrho_s$ rappresentano ordinatamente quante delle i sono eguali ad i_1, quante sono eguali ad i_2, ecc.

Mediante la precedente formola calcoliamo il valore del secondo membro di (12), e mostriamo che si ottiene il valore del primo membro calcolato colla medesima (13). Così resta provato che i numeri (13) soddisfanno alla formola di ricorrenza (12), e per induzione resta provata la (13).

Il numero t_1 rappresenta quanti degli indici

$$i_1 - 1 , i_2 , \dots , i_m$$

sono uguali al primo; ora se supponiamo, per fissare le idee, che $i_1 - 1$ sia uguale ad $i_k (k \leq s)$ ne viene che $t_1 = \varrho_k + 1$, mentre per il complesso di questi indici segnati il numero ϱ_1 diminuisce di una unità rispetto a quello di prima, il numero ϱ_k aumenta di un' unità, e le altre ϱ restano le stesse di prima. Il primo termine del 2° membro della (12) è così, mediante (13), eguale a

$$\frac{r!}{(i_1 - 1)!\, i_2! \dots i_m!\, (\varrho_1 - 1)!\, \varrho_2! \dots \varrho_s!} = \frac{r!}{i_1! \dots i_m!\, \varrho_1! \dots \varrho_s!}\, i_1 \varrho_1 .$$

Se poi $i_1 - 1$ non è uguale ad alcuno degli i, allora $t_1 = 1$ e il risultato finale resta il medesimo.

Ripetendo ora questa medesima considerazione per ciascuno degli altri termini del secondo membro di (12), sommando ed osservando che

$$i_1 + \dots + i_m = r + 1$$

donde

$$i_1 \varrho_1 + \dots + i_s \varrho_s = r + 1$$

si ha infine

$$\frac{(r+1)!}{i_1! \dots i_m!\, \varrho_1! \dots \varrho_s!}$$

che è esattamente il valore che, secondo (13), competerebbe al primo membro di (12).

Essendo poi facile verificare la (13) per $r = 2 , 3 , \dots$ essa resta dimostrata in generale.

La tabella dei primi valori dei coefficienti $[i_1 \dots i_m]^{(r)}$ è la seguente:

$$[3] = 1 \;,\; [2,1] = 3 \;,\; [1,1,1] = 1$$

$$[4] = 1 \;,\; [3,1] = 4 \;,\; [2,2] = 3 \;,\; [2,1,1] = 6 \;,\; [1,1,1,1] = 1$$

$$[5] = 1 \;,\; [4,1] = 5 \;,\; [3,2] = 10 \;,\; [3,1,1] = 10 \;,\; [2,2,1] = 15$$

$$[2,1,1,1] = 10 \;,\; [1,1,1,1,1] = 1$$

ecc. ecc. ecc.

Quando gli indici interni alla parentesi non sono rappresentati da lettere, ma da numeri, è inutile scrivere l' indice esterno in alto perchè esso è eguale alla somma dei numeri interni.

§ 5.

Le espressioni δ in un caso particolare.

Prima d'andare avanti è utile fermarci un momento su di un caso particolare rimarchevole per la formola del differenziale r^{mo} di una funzione e per conseguenza delle espressioni δ.

Poniamo che una sola delle n variabili x sia da considerarsi dipendente e le altre indipendenti, e cioè tali che possano assumersi zero i loro differenziali di ordini superiori al primo, e vediamo allora quale assetto conviene dare alle formole.

Le variabili x non sono più della stessa specie; chiameremo y quella dipendente e x le altre; è evidente che allora deve prendersi il δ non più sotto la forma (4), ma sotto una forma come la (2), perchè non è possibile ottenere espressioni simmetriche nelle x e in y, essendo la y una variabile di natura diversa delle altre; inoltre gli indici i di ogni $d^i x_j$ non possono essere altro che 1, e perciò rispetto alle sole x vi sarà già la simmetria.

Facendo una delle x eguale alla y, e supponendo che le x restanti sieno ancora n, per costruire la corrispondente formola (1), possiamo immaginare in generale che in un termine generico vi sia la derivata di f con ω derivazioni rispetto ad y, e quindi altrettanti differenziali di y degli ordini $i_1 \dots i_\omega$ (potendo naturalmente ω variare da 0 ad m) e altre derivazioni rispetto a $x_{j_1} \dots x_{j_{m-\omega}}$. Il Δ relativo a tal termine generico avrà perciò per indici inferiori gli indici di queste x, e poi altri ω indici da reputarsi tutti eguali fra loro; lo indicheremo pertanto colla notazione $\nabla^{(r)}_{j_1 \dots j_{m-\omega}}$ cioè porremo:

$$(14) \qquad d^r f = \sum_{m=1}^{r} \sum_{\omega=0}^{m} \sum_{j_1=1}^{n} \cdots \sum_{j_{m-\omega}=1}^{n} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_{m-\omega}} \partial y^\omega} \nabla^{(r)}_{j_1 \dots j_{m-\omega}}$$

dove:

$$(15) \qquad \nabla^{(r)}_{j_1 \dots j_{m-\omega}} = \sum_{i_1 \dots i_\omega} (i_1 \dots i_\omega)^{(r)}_m \, dx_{j_1} \dots dx_{j_{m-\omega}} \, d^{i_1} y \dots d^{i_\omega} y$$

$$(16) \qquad \sum_{s=1}^{\omega} i_s + m - \omega = r$$

e $(i_1 \dots i_\omega)^{(r)}_m$ rappresenta il nuovo coefficiente numerico del quale vogliamo ora determinare la relazione con quello introdotto nei §§ precedenti.

Si può osservare che non è necessario porre in vista ambedue i numeri r e m, perchè, dati $i_1 \dots i_\omega$ e quindi ω, dalla (16) si ricava uno di questi due numeri dall'altro; pur tuttavia, ad evitare equivoci e quando questi indici hanno valori letterali e non numerici, a noi converrà conservare la indicata notazione.

Il coefficiente $(i_1 \dots i_\omega)_m^{(r)}$ ha evidentemente relazione col coefficiente

$$\Big[\overbrace{1\dots1}^{m-\omega}\; i_1 \dots i_\omega\Big]^{(r)} \;;$$

propriamente si può far vedere che

$$(i_1 \dots i_\omega)_m^{(r)} = \binom{m-\omega+\varrho}{\varrho}\Big[\overbrace{1\dots1}^{m-\omega}\; i_1 \dots i_\omega\Big]^{(r)}, \tag{17}$$

dove con ϱ si intende il numero delle $i_1 \dots i_\omega$ che sono eguali ad 1.

Esaminiamo infatti che coefficiente numerico viene ad avere il termine

$$\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_{m-\omega}}\, \partial y^\omega}\, dx_{j_1} \dots dx_{j_{m-\omega}}\, d^{i_1}y \dots d^{i_\omega}y$$

nelle formole (14) (15), e che coefficiente verrebbe ad avere il medesimo termine nelle formole (1) (2) quando x_n si ponesse eguale ad y. Tal coefficiente numerico non muterà se, per semplicità, poniamo tutti gli indici $j_1 \dots j_{m-\omega}$ fra loro eguali e cioè $x_{j_1} \equiv x_{j_2} \equiv \dots \equiv x$. Allora il termine che si considera è

$$\frac{\partial^m f}{\partial x^{m-\omega}\, \partial y^\omega}\,(dx)^{m-\omega}\, d^{i_1}y \dots d^{i_\omega}y\;, \tag{18}$$

e il suo coefficiente in (14) è $(i_1 \dots i_\omega)_m^{(r)}$, mentre che, supposto che gli $i_1 \dots i_\omega$ sieno tutti diversi da 1, il suo coefficiente numerico in (1) sarebbe $\Big[\overbrace{1\dots1}^{m-\omega}\; i_1 \dots i_\omega\Big]^{(r)}$; onde se $\varrho = 0$ la formola (17) è infatti verificata.

Se poi è p. es. $i_1 = 1$, allora nel sommatorio generale (1) il termine (18) è compreso anche tante altre volte, col medesimo coefficiente numerico, quante volte il dy può scambiarsi con ciascuno degli $m-\omega$ fattori dx, cioè in tutto $\binom{m-\omega+1}{1}$ volte. Così similmente se ϱ degli $i_1 \dots i_\omega$ sono eguali ad 1 il coefficiente numerico di (18) in (1) sarà

$$\binom{m-\omega+\varrho}{\varrho}\Big[\overbrace{1\dots1}^{m-\omega}\; i_1 \dots i_\omega\Big]^{(r)}.$$

Con ciò è dimostrata la formola (17). A proposito della quale è bene osservare che il numeratore e il denominatore del coefficiente binomiale che compare al secondo membro, rappresentano rispettivamente il numero degli 1 che figurano come indici, rispettivamente nei simboli del secondo e del primo membro.

Dalla (17) si deduce la seguente altra relazione:

$$\begin{aligned}(19)\qquad &\Big(i_1 \dots i_{\omega-\varrho}\; \overbrace{1\dots1}^{\varrho}\Big)_{m-1}^{(r)} + \Big(i_1 \dots i_{\omega-\varrho}\; \overbrace{1\dots1}^{\varrho-1}\Big)_{m-1}^{(r)} = \\ &= \binom{m-\omega+\varrho}{\varrho}\Big[\overbrace{1\dots\dots1}^{m-\omega+\varrho-1}\; i_1 \dots i_{\omega-\varrho}\Big]^{(r)},\end{aligned}$$

per dimostrare la quale basta sostituire i loro valori, conformemente a (17), a ciascuno dei due termini del primo membro.

Mediante la (17) possiamo poi anche trasformare la formola di ricorrenza (12) e dedurne la formola di ricorrenza fra i nuovi coefficienti numerici.

Ed infatti supposto prima che nessuno degli i sia eguale ad 1 o a 2 (e quindi che nessuna delle differenze $i-1$ sia eguale ad 1), che quelli fra loro diversi sieno $i_1 \dots i_s$, $(s \leq \omega)$, e che quindi gli indici fra loro diversi che figurano in $[1 \dots 1\, i_1 \dots i_\omega]^{(r)}$ sieno $1, i_1, \dots, i_s$, dalla (12), mediante la (17) per $\varrho = 0$, abbiamo

$$(20) \qquad \begin{aligned} (i_1 \dots i_\omega)_m^{(r+1)} = (i_1 \dots i_\omega)_{m-1}^{(r)} + t_1(i_1 - 1\,,\, i_2 \dots i_\omega)_m^{(r)} + \cdots \\ \cdots + t_s(i_1 \dots i_s - 1\,,\, i_{s+1} \dots i_\omega)_m^{(r)}, \end{aligned}$$

dove le $t_1 \dots t_s$ risultano collo stesso significato che nella (12) stessa.

Ora questa medesima formola vale ancora quando alcuni degli indici $i_1 \dots i_\omega$ sieno eguali ad 1 e a 2, purchè naturalmente si calcolino allora convenientemente i simboli degeneri che si presentano.

Se alcuni degli $i_1 \dots i_\omega$ sono eguali ad 1, ma nessuno a 2, uno degli $i_1 \dots i_s$ deve essere eguale ad 1 e sia p. es. $i_s = 1$.

Allora è $t_s = 1$, perchè t_s è il numero degli $i_1 \dots i_s - 1\; i_{s+1} \dots i_\omega$, che è eguale a $i_s - 1 = 0$, e la formola (20) bisognerà modificarla ponendo in luogo dell'ultimo termine, il termine $(i_1 \dots i_{s-1}\; i_{s+1} \dots i_\omega)_{m-1}^{(r)}$, il cangiamento dell'indice inferiore esterno dipendendo, secondo (16), dall'avvenuta diminuzione del numero ω degli indici compresi nella parentesi.

E può dimostrarsi che infatti è questo il cangiamento che deve avere la formola di ricorrenza dedotta da (12) nel caso indicato.

Se supponiamo infatti che fra $i_1 \dots i_\omega$ ve ne sieno h eguali ad 1, e che sia $i_s = 1$, mentre $i_1 \dots i_{s-1}$ sieno fra loro diversi e maggiori di 1 e 2, e se applichiamo la (17) a ciascun termine di (20) cui si sia fatto l'indicato cangiamento, e per mezzo di (19) si sieno raccolti in uno il primo e l'ultimo termine, abbiamo esattamente a meno del fattore $\binom{m-\omega+\varrho}{\varrho}$ la (12) per $i_s = 1$. Se poi infine alcune delle i sieno eguali a 2, e sia propriamente $i_1 = 2$, in (20), t_1 avrà il valore $\varrho + 1$ (se contemporaneamente ci poniamo nelle condizioni dell'ultima ipotesi più generale), ed applicando al termine

$$t_1(i_1 - 1\,,\, i_2 \dots i_\omega)_m^{(r)}$$

la (17), si ottiene

$$(\varrho + 1)\binom{m-\omega+\varrho+1}{\varrho+1}\Big[\overbrace{1 \dots 1}^{m-\omega}\,,\, i_1 - 1\,,\, i_2 \dots i_\omega\Big]^{(r)}.$$

Il coefficiente esterno può scriversi

$$(m-\omega+\varrho+1)\binom{m-\omega+\varrho}{\varrho},$$

e perciò, soppresso da tutta la formola il fattore comune $\binom{m-\omega+\varrho}{\varrho}$, resta

$$(m-\omega+\varrho+1)\left[\overbrace{1\ldots1}^{m-\omega},\, i_1-1\,,\, i_2\ldots i_\omega\right]^{(r)}$$

e questo è quello che deve infatti comparire nella formola (12) perchè il valore di t_1 da porre nel nostro caso nella (12), è precisamente $m-\omega+\varrho+1$, cioè il numero degli indici fra gli $i_1-1\,,\, i_2\ldots i_\omega\,,\, \overbrace{1\ldots1}^{m-\omega}$ eguali a $i_1-1=1$

La formola (20) *vale adunque in ogni caso.*

§ 6.

Le formazioni δ ad una sola variabile.

Se tutte le variabili x si riducono ad una sola, gli indici inferiori dei δ risultano tutti eguali, e i δ non restano distinti fra loro che solo per il numero m degli indici inferiori; li rappresenteremo pertanto con $\delta^{(r)}_{(m)}(x)$.

Tali formazioni hanno una curiosa e semplice proprietà: *la loro somma per m che varia da* 1 *ad r, è il differenziale r^{mo} di e^x diviso per e^x stesso*

$$\sum_{m=1}^{r}\delta^{(r)}_{(m)}(x)=\frac{d^r e^x}{e^x}\,. \tag{21}$$

Giacchè formando, secondo la (1), il differenziale r^{mo} di e^x, ed osservando che i coefficienti delle varie δ risultano tutti eguali fra loro e ad e^x, risulta subito la (21).

Ponendo $e^x=y$ si deduce

$$\frac{d^r y}{y}\sum_{m=1}^{r}\delta^{(r)}_{(m)}(\log y) \tag{22}$$

che può interpretarsi come una formola di ricorrenza fra i differenziali logaritmici dei varî ordini; da essa si ha $\delta^{(r)}_{(1)}\log y$ cioè $d^r(\log y)$ espresso mediante $d^r y$, e gli altri δ che sono combinazioni razionali intere dei differenziali logaritmici di ordine $r-1\,,\, r-2\,,\ldots\ldots$

Le espressioni esplicite dei δ ad una variabile sola sono, pei primi casi, le seguenti:

$$\delta^{(r)}_{(1)}=d^r x\quad,\quad \delta^{(r)}_{(r)}=dx^r$$

$$\delta^{(3)}_{(2)}=3\,d^2x\,dx\quad,\quad \delta^{(4)}_{(2)}=4\,d^3x\,dx+3(d^2x)^2\quad,\quad \delta^{(5)}_{(2)}=5\,d^4x\,dx+10\,d^3x\,d^2x$$

$$\delta^{(4)}_{(3)}=6\,d^2x(dx)^2\quad,\quad \delta^{(5)}_{(3)}=10\,d^3x(dx)^2+15(d^2x)^2\,dx\;,\ldots.$$

. . . .

§ 7.

Formola per le derivate di ordine superiore delle funzioni composte.

Insieme allo studio della formola per la derivata r^{ma} di una funzione, ci si presenta una ricerca quasi parallela, e che ha colla precedente i più intimi rapporti, ed è la ricerca della derivata di ordine qualunque di una funzione composta.

Se una f è funzione di $x_1 \ldots x_n$ e queste di $y_1 \ldots y_n$, è evidente che la derivata r^{ma} di f rispetto ad r delle y potrà comporsi di una somma di termini come la seguente:

$$\frac{\partial^r f}{\partial y_{h_1} \ldots \partial y_{h_r}} = \sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1=1}^{n} \cdots \sum_{j_m=1}^{n} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \ldots \partial x_{j_m}} \begin{pmatrix} j_1 \ldots j_m \\ h_1 \ldots h_r \end{pmatrix}_{xy}, \tag{23}$$

dove il simbolo

$$\begin{pmatrix} j_1 \ldots j_m \\ h_1 \ldots h_r \end{pmatrix}_{xy}, \qquad (r \geq m) \tag{24}$$

rappresenta una certa somma di prodotti di derivate delle x rispetto alle y, la cui formazione intendiamo di studiare e che ha, come mostreremo, un legame intimo colla formazione delle δ.

Essendo il primo membro di (23) indipendente dall'ordine delle h, lo stesso dovrà avvenire del secondo membro, e quindi col simbolo (24) potrà sempre intendersi una espressione dipendente simmetricamente dagli indici h; essendo poi anche la derivata che figura nel secondo membro di (23) indipendente dall'ordine delle j, si potrà sempre fare in modo che (24) sia simmetrico anche negli indici j.

Così p. es. per $r = 2$ si trova

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y_{h_1} \partial y_{h_2}} = \sum_{j_1=1}^{n} \frac{\partial f}{\partial x_j} \frac{\partial^2 x_j}{\partial y_{h_1} \partial y_{h_2}} + \sum_{j_1=1}^{n} \sum_{j_2=1}^{n} \frac{\partial^2 f}{\partial x_{j_1} \partial x_{j_2}} \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{h_1}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_2}};$$

ma non essendo

$$\frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{h_1}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_2}}$$

simmetrica in $h_1 \, h_2$, noi non l'assumeremo come valore di $\begin{pmatrix} j_1 \, j_2 \\ h_1 \, h_2 \end{pmatrix}_{xy}$, ma invece prenderemo questo simbolo eguale a

$$\frac{1}{2!} \left\{ \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{h_1}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_2}} + \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_1}} \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{h_2}} \right\}$$

e analogamente procederemo in ogni caso.

In tal modo abbiamo:

$$\binom{j}{h_1 \dots h_r}_{xy} = \frac{\partial^r x_j}{\partial y_{h_1} \dots \partial y_{h_r}}$$

$$\binom{j_1\, j_2}{h_1\, h_2}_{xy} = \frac{1}{2!}\left\{ \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{h_1}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_2}} + \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_1}} \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{h_2}} \right\}$$

$$\binom{j_1\, j_2}{h_1\, h_2\, h_3}_{xy} = \frac{1}{2!}\left\{ \frac{\partial^2 x_{j_1}}{\partial y_{h_1} \partial y_{h_2}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_3}} + \frac{\partial^2 x_{j_1}}{\partial y_{h_2} \partial y_{h_3}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_1}} + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial^2 x_{j_1}}{\partial y_{h_3} \partial y_{h_1}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{h_2}} + \frac{\partial^2 x_{j_2}}{\partial y_{h_1} \partial y_{h_2}} \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{h_3}} + \text{ecc.} \right\}.$$

Come il simbolo δ contiene come caso particolare il differenziale di qualunque ordine di una variabile, così il simbolo (24) contiene come caso particolare la derivata di un qualunque ordine di una x.

È facile riconoscere con processo di induzione che la formazione di (24) è la seguente: si consideri una partizione di r in m numeri interi positivi maggiori di zero, $i_1 + \dots + i_m = r$ e si considerino tutti i *diversi* modi possibili $N^{(r)}_{i_1 \dots i_m}$ coi quali gli elementi $y_{h_1} \dots y_{h_r}$, considerati come tutti diversi tra loro, si possono separare in un gruppo di i_1 di essi, insieme ad un gruppo di i_2 dei rimanenti, e così di seguito, avvertendo che in ciascuno di tali gruppi non si deve tener mai conto dell'ordine degli elementi che lo compongono. Per ogni data partizione è facile determinare il numero $N^{(r)}_{i_1 \dots i_m}$; esso è evidentemente

$$N^{(r)}_{i_1 \dots i_m} = \frac{\binom{r}{i_1 \dots i_m}}{\varrho_1!\, \varrho_2! \dots \varrho_s!} \tag{25}$$

in cui il numeratore rappresenta il coefficiente polinomiale di r ad m indici, e $\varrho_1, \varrho_2, \dots$ rappresentano rispettivamente quanti degli i sono eguali fra loro, quanti altri dei rimanenti sono anche eguali fra loro ma naturalmente diversi dai precedenti, ecc.

Dal paragone di (25) con (13) risulta intanto

$$N^{(r)}_{i_1 \dots i_m} = [i_1 \dots i_m]^{(r)}. \tag{26}$$

Se ora è assegnata una partizione e, in rapporto a questa, uno degli N modi di separazione delle y in gruppi, formiamo il prodotto delle derivate di $x_{j_1}, \dots, x_{j_m}$ di ordini $i_1, \dots, i_m$ rispetto alle y del primo gruppo, alle y del secondo gruppo ecc., e tal prodotto sarà uno dei termini dello sviluppo di (24); la somma di tutti i termini così costruiti, facendo variare gli N modi di separazione e facendo variare le partizioni, è evidentemente un'espressione simmetrica nelle h; e la somma, divisa per $m!$, di tutti i risultati ottenuti col permutare le $j_1 \dots j_m$ in tutti i modi possibili fra loro, è simmetrica anche nelle j, *ed è esattamente lo sviluppo del simbolo* (24)

Si ha cioè:

$$(27)\qquad \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_r}_{xy} = \frac{1}{m!} S_j S'_h \sum_{i_1 \dots i_m} \frac{\partial^{i_1} x_{j_1}}{\partial (y_h)_{i_1}} \cdots \frac{\partial^{i_m} x_{j_m}}{\partial (y_h)_{i_m}},$$

dove, al solito, con S_j indichiamo la somma dei risultati ottenuti permutando le j in tutti i modi possibili, con S'_h la somma dei risultati ottenuti permutando le h, ma solo secondo gli indicati N modi, con $\sum_{i_1 \dots i_m}$ intendiamo la somma estesa a tutte le *diverse* partizioni di r, e infine

$$\frac{\partial^{i_k} x_{j_k}}{\partial (y_h)_{i_k}}$$

rappresenta la derivata i_k^{ma} di x_{j_k} rispetto a tutte le y_h del k^{mo} gruppo, che sono in numero di i_k.

Notiamo che se con $F_{j_1 \dots j_r}$ si intende una funzione delle x il cui valore resti lo stesso permutando gli indici fra loro, e se con $\sum_j$ si intende il sommatorio quando alle j si dànno tutti i valori $1, 2, \dots, n$, si ha identicamente

$$\sum_j F_{j_1 \dots j_r} \binom{j_1 \dots j_r}{h_1 \dots h_r}_{xy} = \sum_j F_{j_1 \dots j_r} \binom{j_1 \dots j_s}{h_1 \dots h_s}_{xy} \binom{j_{s+1} \dots j_r}{h_{s+1} \dots h_r}_{xy},$$

cioè il simbolo avente lo stesso numero di indici superiori e inferiori, può in queste condizioni spezzarsi nel prodotto di *due* o anche *più* altri. Ciò ci sarà necessario spesso in seguito.

§ 8.

Espressione della derivata del simbolo introdotto nel § precedente.

Derivando rispetto a $y_{h_{r+1}}$ il primo e secondo membro di (23) si ha:

$$\frac{\partial^{r+1} f}{\partial y_{h_1} \dots dy_{h_{r+1}}} = \sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_{m+1}} \frac{\partial^{m+1} f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_{m+1}}} \frac{\partial x_{j_{m+1}}}{\partial y_{h_{r+1}}} \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_r}_{xy} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_m} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}} \frac{\partial}{\partial y_{h_{\mu+1}}} \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_r}_{xy}.$$

Nella prima parte del secondo membro mutiamo $m+1$ in m, e coll'apposizione della operazione (¹) $\frac{1}{m} S_{j_m}$ riduciamo simmetrico ciascun termine negli indici $j_1 \dots j_m$.

(¹) Con questo simbolo intendiamo al solito la m[illegible] l'indice j_m con ciascuno degli indici $j_1 \dots j_m$.

Abbiamo, in luogo di quella prima parte, l'altra:

$$\sum_{m=2}^{r+1} \sum_{j_1 \dots j_m} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}} \frac{1}{m} \mathrm{S}_{j_m} \frac{\partial x_{j_m}}{\partial y_{h_{r+1}}} \binom{j_1 \dots j_{m-1}}{h_1 \dots h_r}_{xy} .$$

Se ora al primo membro sostituiamo la sua espressione data dalla formola (23) in cui si sia mutato r in $r+1$, e indi paragoniamo i coefficienti delle medesime derivate di f al primo e secondo membro, *abbiamo infine la richiesta formola, che è*

$$\frac{\partial}{\partial y_{h_{r+1}}} \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_r}_{xy} = \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_{r+1}}_{xy} - \frac{1}{m} \mathrm{S}_{j_m} \binom{j_1 \dots j_{m-1}}{h_1 \dots h_r}_{xy} \binom{j_m}{h_{r+1}}_{xy} \tag{28}$$

valevole per $m=2,3,\dots,r$, mentre per $m=1$ l'ultima parte del secondo membro, che appunto perderebbe significato, è da considerarsi zero; come risulta dallo stesso paragone dei coefficienti, ovvero come risulta anche direttamente dalla sostituzione al simbolo del proprio valore.

§ 9.

Altra dimostrazione della formola (13).

Combinando fra loro le formole (3) e (23) possiamo ritrovare per altra via il valore del coefficiente numerico $[i_1 \dots i_m]^{(r)}$ che entra nella formazione dei δ, e che abbiamo già trovato colla formola (13).

Moltiplichiamo la (23) per $dy_{h_1} \dots dy_{h_r}$ e facciamo il sommatorio dei termini ottenuti col dare a ciascuno degli indici $h_1 \dots h_r$ tutti i valori $1, 2, \dots, n$, e immaginando che le y sieno variabili indipendenti. Al primo membro si ha allora il differenziale r^{mo} di f, al quale sostituiremo la sua espressione cioè il secondo membro di (3). Paragonando i coefficienti delle medesime derivate di f al primo e secondo membro si ha

$$\delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m} = \sum_{h_1 \dots h_r} \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_r}_{xy} dy_{h_1} \dots dy_{h_r} .$$

Immaginiamo ora sostituito al simbolo del secondo membro, il suo valore dato da (27), e osserviamo che moltiplicando

$$\frac{\partial^{i_k} x_{j_k}}{\partial (y_h)_{i_k}}$$

per i differenziali di quelle y_h che figurano al denominatore, cioè per quelle del gruppo composto di i_k indici, e facendo indi il sommatorio per tutti i valori delle h

da 1 ad n, si ottiene precisamente $d^{i_k} x_{j_k}$, e che lo stesso risultato si ottiene per uno qualunque dei termini cui si estende il sommatorio S'_h che sono in numero di $N^{(r)}_{i_1 \dots i_m}$.

Si riconosce così che si ha infine

$$\frac{1}{m!} S_j \sum_{i_1 \dots i_m} N^{(r)}_{i_1 \dots i_m} d^{i_1} x_{j_1} \dots d^{i_m} x_{j_m},$$

e questa espressione paragonata con quella del δ data da (4), dà immediatamente

$$[i_1 \dots i_m]^{(r)} = N^{(r)}_{i_1 \dots i_m}$$

che è precisamente la (13).

§ 10.

Estensione della formola fondamentale delle funzioni inverse.

La formola elementare (che può chiamarsi la *formola fondamentale delle funzioni inverse*)

$$\sum_{h=1}^{n} \frac{\partial x_j}{\partial y_h} \frac{\partial y_h}{\partial x_i} = 1 \quad \text{se } i = j$$
$$= 0 \quad \text{se } i \neq j,$$

si estende nella seguente, coll'introduzione del simbolo generale studiato nei paragrafi precedenti:

$$(29) \quad \sum_{r=m}^{\mu} \sum_{h_1=1}^{n} \dots \sum_{h_r=1}^{n} \begin{pmatrix} j_1 \dots j_m \\ h_1 \dots h_r \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} h_1 \dots h_r \\ i_1 \dots i_\mu \end{pmatrix}_{yx} = 1, \text{ se le } i \text{ sono eguali alle } j \text{ e quindi anche } \mu = m;$$
$$= 0, \text{ in ogni altro caso.}$$

Infatti in

$$\frac{\partial^\mu f}{\partial x_{i_1} \dots \partial x_{i_\mu}} = \sum_{r=1}^{\mu} \sum_{h} \frac{\partial^r f}{\partial y_{h_1} \dots \partial y_{h_r}} \begin{pmatrix} h_1 \dots h_r \\ i_1 \dots i_\mu \end{pmatrix}_{yx}$$

poniamo per le derivate di f le loro espressioni (23).

Deve allora aversi un'identità, e perciò al secondo membro devono risultare zero tutti i coefficienti delle varie derivate di f rispetto alle x, meno uno solo di essi che deve invece risultare eguale ad 1, quello cioè della derivata che compare al primo membro.

Colla indicata sostituzione il secondo membro diventa:

$$\sum_{r=1}^{\mu}\sum_{h}\sum_{j}\sum_{m=1}^{r}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\dots\partial x_{j_m}}\begin{pmatrix}j_1\dots j_m\\ h_1\dots h_r\end{pmatrix}_{xy}\begin{pmatrix}h_1\dots h_r\\ i_1\dots i_\mu\end{pmatrix}_{yx}$$

ed essendo

$$\sum_{r=1}^{\mu}\sum_{m=1}^{r}=\sum_{m=1}^{\mu}\sum_{r=m}^{\mu}$$

e scambiando in modo opportuno l'ordine degli altri sommatorî fra loro indipendenti, coll'osservazione già fatta, si ha precisamente la (29).

§ 11.

La trasformazione delle δ per la trasformazione delle variabili.

Ed ora finalmente possiamo passare a dimostrare la importante proprietà delle δ relativamente alla loro trasformazione per la trasformazione delle variabili, proprietà cui abbiamo accennato nel § 2.

La proprietà semplice ed elegante è questa:

Per una trasformazione generale delle variabili x in altre variabili y, le δ si trasformano linearmente.

Sia data una qualunque trasformazione delle x nelle y. Se nella formola (3) intendiamo trasformate nelle y sia le derivate di f, che i differenziali delle x, dovremo avere evidentemente l'espressione nelle y del differenziale r^{mo} di f, cioè la stessa (3) ma scritta nelle y. Ma se poi nella nuova espressione, in luogo delle derivate di f rispetto alle y, poniamo le loro espressioni date dalla formola (23), dovremo ottenere, dal paragone coll'espressione primitiva del $d^r f$, una identità, e da questa potremo dedurre la formola di trasformazione delle δ.

Da

$$\sum_{m=1}^{r}\sum_{j}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\dots\partial x_{j_m}}\delta^{(r)}_{j_1\dots j_m}(x)=\sum_{\mu=1}^{r}\sum_{h}\frac{\partial^\mu f}{\partial y_{h_1}\dots\partial y_{h_\mu}}\delta^{(r)}_{h_1\dots h_\mu}(y)$$

(in cui abbiamo segnato accanto alle δ le variabili x o y mediante cui esse sono formate) sostituendo al secondo membro per le derivate di f le espressioni (23), si ha:

$$=\sum_{\mu=1}^{r}\sum_{h}\sum_{m=1}^{\mu}\sum_{j}\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1}\dots\partial x_{j_m}}\begin{pmatrix}j_1\dots j_m\\ h_1\dots h_\mu\end{pmatrix}_{xy}\delta^{(r)}_{h_1\dots h_\mu}(y)$$

e ponendo

$$\sum_{\mu=1}^{r}\sum_{m=1}^{\mu}=\sum_{m=1}^{r}\sum_{\mu=m}^{r}$$

e paragonando i coefficienti delle stesse derivate di f al primo e secondo membro, *si ha infine la formola fondamentale*

$$\delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m}(x) = \sum_{\mu=m}^{r} \sum_{h} \begin{pmatrix} j_1 \dots j_m \\ h_1 \dots h_\mu \end{pmatrix}_{xy} \delta^{(r)}_{h_1 \dots h_\mu}(y) \tag{30}$$

che dimostra il nostro assunto, e mostra anche con quanta semplicità, mediante le formazioni da noi introdotte e studiate, si rappresentano i coefficienti della trasformazione lineare delle δ.

È bene notare che ogni $\delta(x)$ si esprime mediante quelle $\delta(y)$ di cui il numero degli indici inferiori sia sempre *eguale o maggiore* al numero degli indici inferiori della $\delta(x)$; quelle delle $\delta(y)$ ad un numero *minore* di indici non fanno parte della formola di trasformazione.

PARTE SECONDA

Le forme differenziali di ordine e grado qualunque.

§ 12.

Generalità — Trasformazione dei coefficienti.

Un'espressione *lineare omogenea* nelle δ di un determinato indice superiore fisso r, con coefficienti funzioni di tutte le variabili, è per noi una *forma differenziale di ordine* r e di *primo grado*; essa è del tipo delle forme che rappresentano i differenziali r^{mi} delle funzioni. La rappresenteremo con

$$X^{(r)} = \sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_m}^{1 \dots n} X_{j_1 \dots j_m} \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m} \tag{31}$$

in cui le $X_{j_1 \dots j_m}$ sono delle funzioni delle $x_1 \dots x_n$ che non mutino di valore al variare degl' indici.

Consideriamo poi ancora, e più generalmente, una espressione intera omogenea di grado k nelle δ, ognuno con un determinato e fisso indice superiore $r_1 \dots r_k$;

avremo una *forma differenziale di ordine* $\sum_{s=1}^{k} r_s = r$ *e di grado* k:

$$(32) \qquad X^{(r_1 \cdots r_k)} = \sum_{m=1}^{r_1} \cdots \sum_{p=1}^{r_k} \sum_{j \ldots i}^{1 \ldots n} X_{j_1 \cdots j_m ; \cdots ; i_1 \cdots i_p} \delta^{(r_1)}_{j_1 \cdots j_m} \cdots \delta^{(r_k)}_{i_1 \cdots i_p} .$$

in cui i coefficienti $X_{j_1 \ldots j_m ; \cdots ; i_1 \cdots i_p}$ sieno caratterizzate da k gruppi di indici, come quelli di (31) lo erano da un sol gruppo di indici.

Per maggiore generalità potrebbe nella (32) supporsi che i varî δ debbano comporsi con differenziali di natura diversa, e cioè il primo con dei d_1, il secondo con dei d_2, ecc. Per $r_1 = \cdots = r_k = 1$ la (32) diventa allora una forma *multilineare*.

Se nella (31) ad ogni δ immaginiamo sostituito il suo valore, avremo una somma di termini di cui ognuno è il prodotto di una funzione X, per un prodotto di differenziali delle x combinati sempre in modo che per ogni termine la somma degli indici superiori sia costante ed eguale ad r. Ma la (31) non è evidentemente una qualsiasi espressione di tal tipo ma sibbene una speciale, giacchè in una qualsiasi espressione i coefficienti potrebbero supporsi variabili da termine a termine, e invece nella (31) passando da un δ ad un altro si suppone in generale un coefficiente diverso, ma tutti i termini differenziali dei quali si compone un medesimo δ (che per $r > 3$ è generalmente una espressione *polinomia*) vengono ad avere lo stesso coefficiente $X_{j_1 \ldots j_m}$.

La specialità della $X^{(r)}$ rispetto a tutte le altre combinazioni di differenziali dello stesso ordine che potrebbero costruirsi, è però una specialità invariantiva, e cioè *la* $X^{(r)}$ *è di tipo avente carattere invariantivo rispetto a ogni trasformazione di variabili.*

Ciò risulta immediatamente dalla proprietà di trasformazione delle δ di cui abbiamo trattato nel § 11.

Poichè per una trasformazione di variabili le δ si trasformano linearmente, è evidente che la $X^{(r)}$ resta dello stesso tipo, e inoltre anche le $X^{(r_1 \cdots r_k)}$ conservano dopo la trasformazione il loro tipo originario.

Colla formola (30) possiamo pertanto trovare facilmente la formola per i coefficienti trasformati, sia per la $X^{(r)}$ che per la $X^{(r_1 \cdots r_k)}$. Giacchè, sostituendo nelle (31) (32) il valore di δ dato dal secondo membro di (30), e osservando che

$$\sum_{m=1}^{r} \sum_{\mu=m}^{r} = \sum_{\mu=1}^{r} \sum_{m=1}^{\mu}$$

si ha pei coefficienti trasformati $Y_{h_1 \ldots h_\mu}$ della (31)

$$(33) \qquad Y_{h_1 \cdots h_\mu} = \sum_{m=1}^{\mu} \sum_{j} X_{j_1 \cdots j_m} \binom{j_1 \ldots j_m}{h_1 \ldots h_\mu}_{xy} ,$$

e similmente per quelli di (32)

$$(34)\qquad Y_{h_1\dots h_\mu;\,\dots;\,l_1\dots l_\pi} = \sum_{m=1}^{\mu}\cdots\sum_{p=1}^{\pi}\sum_{j\dots i} X_{j_1\dots j_m;\,\dots;\,i_1\dots i_p}\begin{pmatrix} j_1\dots j_m \\ h_1\dots h_\mu\end{pmatrix}_{xy}\cdots\begin{pmatrix} i_1\dots i_p \\ l_1\dots l_\pi\end{pmatrix}_{xy}$$

dalle quali formole si riconoscono alcune cose importanti.

Prima di tutto si vede che i coefficienti della forma trasformata si esprimono mediante quei coefficienti della forma primitiva che hanno, in ciascun gruppo di indici, un numero *eguale* o *minore* di indici stessi, e non mediante quelli aventi un numero *maggiore* di indici.

Donde si deduce che, se si pongono zero i coefficienti di cui i numeri degli indici in ciascun gruppo sieno rispettivamente minori di s_1, minori di s_2, ... minori di s_k, il tipo della forma differenziale che ne risulta è ancora di carattere invariantivo, perchè fra i coefficienti della forma trasformata saranno anche zero quelli nei quali i numeri degli indici in ciascun gruppo sieno anche rispettivamente minori di $s_1, s_2, \dots, s_k$; cioè *i numeri s restano invariati colla trasformazione.*

Esaminando la formola (34) risulta subito da essa una proprietà importante. I prodotti di k coefficienti X ad un solo gruppo di indici, e cioè i prodotti

$$X_{j_1\dots j_m}\cdots X_{i_1\dots i_p},$$

si trasformano precisamente come le X a k gruppi di indici; cioè la formola colla quale i prodotti

$$Y_{h_1\dots h_\mu}\cdots Y_{l_1\dots l_\pi}$$

si esprimono mediante i prodotti delle X è la medesima di quella con cui le Y a k gruppi di indici si esprimono per le X a k gruppi.

In altri termini *la forma di grado k*

$$X^{(r_1\dots r_k)}$$

si trasforma precisamente come il prodotto delle k forme lineari

$$X^{(r_1)}\dots X^{(r_k)}$$

e perciò una forma differenziale di grado k potrebbe simbolicamente rappresentarsi come il prodotto di k forme differenziali lineari, di ordine rispettivamente $r_1, \dots, r_k$.

Un sistema di funzioni a k gruppi di indici che si trasformino come i coefficienti di una forma differenziale di grado k, cioè colle formole (34), lo chiameremo un *sistema covariante a k gruppi di indici.*

Esso rappresenta evidentemente una notevole *generalizzazione* degli ordinarî sistemi covarianti che si considerano nel Calcolo differenziale assoluto; infatti se poniamo $r_1 = r_2 = \dots = r_k = 1$ si ha un sistema di funzioni a k indici, cioè come

se fosse a k gruppi di indici, ma ogni gruppo risultante di *un* indice solo. La formola (34) per $\mu = \cdots = \pi = 1$ dà

$$Y_{h;\dots;l} = \sum_{j\dots i} X_{j;\dots;i} \frac{\partial x_j}{\partial y_h} \cdots \frac{\partial x_i}{\partial y_l},$$

e questa è precisamente quella che definisce *i sistemi covarianti* ordinarî.

§ 13.

Le formazioni e i simboli fondamentali a carattere invariantivo. — Le dedotte covarianti dei coefficienti di una forma differenziale.

Nello studio delle forme differenziali di una determinata specie si incontrano sempre certe espressioni formate mediante i coefficienti della forma stessa, che sono come il *perno* di tutta la teoria. Nel caso semplicissimo delle forme pfaffiane tali formazioni si riducono a quella che si rappresenta col noto simbolo (ij), e nel caso delle forme differenziali quadratiche esse si riducono a quelle rappresentate col simbolo detto di *Christoffel*, e di cui è ben conosciuta la fondamentale importanza per ogni problema che a quelle forme si riferisca.

Ora queste due disparate formazioni riferentisi ai due diversi semplici casi, che sono i soli considerati finora, hanno una origine comune, derivano da una comune sorgente, la quale è assai più semplice di quanto non possa credersi a primo aspetto, e si presenta dotata di proprietà fra le più eleganti. È questo tipo generale di formazioni che io ho trovato sotto la sua forma più generale nel corso dei miei studî, e di cui ora passerò a trattare.

Consideriamo una derivata di ordine q di un coefficiente X a k gruppi di indici

$$D = \frac{\partial^q X_{j_1 \dots j_m; \dots; i_1 \dots i_p}}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_q}}$$

che, con una notazione espressiva potremo anche rappresentare più semplicemente con

$$\frac{j_1 \dots j_m; \dots; i_1 \dots i_p}{g_1 \dots g_q}, \tag{35}$$

e formiamo le altre derivate di ordine $q-1$ il cui simbolo è ottenuto da questo trasportando in tutti i modi possibili al numeratore ciascuno degli indici del denominatore, e cioè aggregando a ciascuno dei k gruppi di indici del numeratore ciascuno dei q indici del denominatore, che resta perciò volta per volta costituito di soli $q-1$ indici. Formiamo così le derivate

$$\frac{j_1 \dots j_m g_1; \dots; i_1 \dots i_p}{g_2 \dots g_q}, \dots, \frac{j_1 \dots j_m; \dots; i_1 \dots i_p g_q}{g_1 \dots g_{q-1}};$$

in tutto kq derivate di ordine $q-1$.

Chiamiamo ora Ω l'operazione del sommare tutte le derivate così ottenute da una o da una somma di più date derivate; ΩD sarà la somma di tutte le kq derivate suindicate. Riapplicando l'operazione Ω a ciascun termine di ΩD e sommando, cioè formando Ω^2D si avrebbero in tutto $k^2 q(q-1)$ termini, di cui però ognuno resta ripetuto due volte, come è facile vedere; quindi $\frac{1}{2!}\Omega^2$D rappresenterà la somma delle $\frac{k^2 q(q-1)}{2!}$ derivate di ordine $q-2$, e tutte fra loro diverse, ottenute colla operazione indicata.

La formazione fondamentale cui abbiamo accennato di sopra, ha allora la costruzione generale seguente:

$$\text{D} - \Omega\text{D} + \frac{1}{2!}\Omega^2\text{D} - \frac{1}{3!}\Omega^3\text{D} + \cdots + (-1)^q \frac{1}{q!}\Omega^q\text{D} \tag{36}$$

e la rappresenteremo col simbolo:

$$((j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p ; g_1 \dots g_q))_{\text{X}} \tag{37}$$

con $k+1$ gruppi di indici, che chiameremo *simbolo fondamentale*, nome con cui, per brevità, indicheremo alle volte anche la formazione stessa cioè la (36). L'indice esterno X, in basso a destra della doppia parentesi, serve a ricordare che il simbolo è costituito mediante le funzioni X; quando manca la possibilità di equivoci quell'indice può anche sopprimersi.

Per una ragione che si vedrà più sotto, la stessa espressione la chiamiamo anche *la q^{ma} dedotta covariante del coefficiente* $\text{X}_{j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p}$ *in rapporto agli indici* $g_1 \dots g_q$.

Per $q=1$ la (36) diventa:

$$\frac{\partial \text{X}_{j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p}}{\partial x_g} - \text{X}_{j_1 \dots j_m g ; \dots ; i_1 \dots i_p} - \cdots - \text{X}_{j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p g}$$

rappresentata con

$$((j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p ; g))_{\text{X}}.$$

Per $q=0$ essa si riduce invece al solo coefficiente $\text{X}_{j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p}$ il quale può perciò ritenersi rappresentabile col simbolo generale (37) quando in questo si sopprima l'ultimo gruppo di indici (il $(k+1)^{mo}$).

Osserviamo infine, che il simbolo (37) è simmetrico negli indici di ciascuno dei $k+1$ gruppi di indici di cui è composto.

§ 14.

Proprietà dei simboli fondamentali. — L'operazione del dedurre.

La principale proprietà dei simboli introdotti nel § precedente, è quella compresa nel seguente teorema: *La derivata del simbolo* (37) *rispetto ad una* x_ω *è eguale alla somma dei* $k+1$ *simboli ottenuti aggregando l'indice* ω *successivamente e separatamente al* 1°, 2°, ... *al* $(k+1)^{mo}$ *gruppo; in formola*:

$$(38)\qquad \frac{\partial}{\partial x_\omega}((j_1 \dots j_m\,; \dots i_1 \dots i_p\,; g_1 \dots g_q))_X = ((j_1 \dots j_m \omega\,; \dots ; g_1 \dots g_q))_X + \dots + \\ + \dots + ((j_1 \dots j_m\,; \dots ; g_1 \dots g_q \omega))_X\,.$$

In effetti immaginiamo sviluppati i simboli racchiusi in questa formola nei loro varî termini, ognuno dei quali sarà una derivata di una X, dall'ordine zero, sino all'ordine $q+1$.

Poichè di derivate di ordine q in (36) non c'è che solo D, nel primo membro di (38) non vi sarà che una sola derivata di ordine $q+1$ e sarà $\frac{\partial D}{\partial x_\omega}$ cioè, colla notazione (35),

$$\frac{j_1 \dots j_m\,; \dots ; i_1 \dots i_p}{g_1 \dots g_q \omega}\,.$$

Al secondo membro di (38) una derivata di ordine $q+1$ non compare evidentemente che in quel termine in cui l'ultimo gruppo è formato di $q+1$ indici, e questo non è che l'ultimo termine cioè

$$((j_1 \dots j_m\,; \dots ; g_1 \dots g_q \omega))_X$$

del quale il primo termine dello sviluppo è precisamente la derivata sussegnata.

Passiamo ora alle derivate di ordine q. Al primo membro di (38) ve ne sono kq e col segno negativo, e cioè tutte quelle che possono racchiudersi nel simbolo (v. formola (36))

$$-\frac{\partial}{\partial x_\omega}\Omega D\,.$$

Nel secondo membro ve ne sono k col segno positivo (i primi termini dello sviluppo dei primi k termini del secondo membro) in nessuna delle quali c'è l'indice ω al denominatore, e $k(q+1)$ col segno negativo (la seconda parte dello sviluppo dell'ultimo termine del secondo membro) delle quali k sono le stesse di prima, e le altre kq sono le medesime di quelle di $-\frac{\partial}{\partial x_\omega}\Omega D$, cioè quelle che contengono sempre l'indice ω al denominatore.

Così seguitando per le derivate di ordine $q-1$, $q-2$, ... resta dimostrata la formola (38).

Le conseguenze di questa formola sono di un particolare interesse.

Se del simbolo (37), considerandolo però come elemento di un sistema a soli k gruppi di indici e non a $k+1$, cioè senza tener conto dell'ultimo gruppo (quello delle g) formiamo la prima dedotta covariante in rapporto all'indice g_{q+1}, troviamo che per effetto di (38), in cui si sia mutato ω in g_{q+1}, e si sia fatta la risoluzione rispetto all'ultimo termine del secondo membro, tale prima dedotta è la

$$((j_1 \dots j_m ; \dots ; g_1 \dots g_q g_{q+1}))_X ,$$

cioè è la $q+1^{ma}$ dedotta covariante della X primitiva.

In altri termini *la dedotta di una dedotta è una seconda dedotta, la dedotta di una* q^{ma} *dedotta è una* $(q+1)^{ma}$ *dedotta*, e ciò spiega esaurientemente la ragione per la quale possiamo a buon diritto chiamare la (37) *la* q^{ma} *dedotta; essa risulta da una operazione ripetuta* q *volte*; in quanto poi alla ragione dell'aggiunta della parola: *covariante*, essa apparirà più tardi come conseguenza di un'altra proprietà di (37). Questo teorema è fondamentale. Per esso resta enormemente semplificata la definizione data di sopra, e la introduzione del simbolo, tutto riducendosi alla sola introduzione di un'operazione, che chiameremo *operazione del dedurre rispetto a un indice* ω *e indicheremo con* Δ_ω e che è l'operazione che, applicata ad una *funzione a* k *gruppi di indici*, dà per risultato la derivata di questa rispetto ad x_ω, diminuita dei valori delle funzioni ottenute aggregando l'indice ω separatamente a ciascun gruppo.

Il teorema può presentarsi in formola nel seguente modo: consideriamo come elementi di un sistema a k gruppi di indici le funzioni

$$\text{(39)} \qquad Z_{j \dots ; \dots ; i \dots} \equiv ((j \dots ; \dots ; i \dots ; g_1 \dots g_{q-s}))_X ;$$

si ha la formola:

$$\text{(40)} \qquad ((j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p ; g_1 \dots g_q))_X = ((j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p ; g_{q-s+1} \dots g_q))_Z ,$$

intendendo che il secondo membro sia calcolato per gli elementi Z, come lo attesta l'indice Z messo a destra in basso esternamente alla parentesi.

Ma insieme a questa formola se ne possono stabilire altre.

La formola (38) risoluta rispetto al primo termine del secondo membro fa vedere che il simbolo

$$((j_1 \dots j_m \omega ; \dots ; i_1 \dots i_p ; g_1 \dots g_q))_X$$

si compone mediante altri in cui il *primo* gruppo sia composto di soli m indici, colla legge analoga con cui un simbolo qualsiasi si compone mediante altri nei quali l'*ultimo* gruppo di indici abbia *un* indice di meno.

Ponendo

$$T_{t \dots ; \dots ; g \dots} \equiv ((j_1 \dots j_m ; t \dots ; \dots ; g \dots))_X$$

è evidente che, mediante la (38), il simbolo suindicato è esprimibile con

$$((t_1 \dots t_v ; \dots ; g_1 \dots g_q ; \omega))_T .$$

Ripetendo la stessa operazione, e ponendo più generalmente

$$\text{(41)} \qquad T_{t \dots ; \dots ; g \dots} \equiv ((j_1 \dots j_{m-s} ; t \dots ; \dots ; g \dots))_X$$

possiamo scrivere la relazione:

$$\text{(42)} \qquad ((j_1 \dots j_m ; t_1 \dots t_v ; \dots ; g_1 \dots g_q))_X = ((t_1 \dots t_v ; \dots ; g_1 \dots g_q ; j_{m-s+1} \dots j_m))_T$$

che ha una struttura diversa dalla (40).

Poniamo che i coefficienti X sieno ad *un* solo gruppo di indici, cioè che sia $k = 1$. La formola precedente (42) può scriversi anche, con un facile mutamento di notazioni,

$$((j j_1 \dots j_m ; g_1 \dots g_q))_X = ((g_1 \dots g_q ; j_{m-s+1} \dots j_m))_T ,$$

essendo

$$T_{g \dots} \equiv ((j j_1 \dots j_{m-s} ; g \dots))_X .$$

Per $q = 0$, $s = m$ si ha, ricordando che il simbolo diventa allora il coefficiente stesso, e sviluppando il secondo membro:

$$\text{(43)} \qquad \begin{aligned} X_{j j_1 \dots j_m} = {} & \frac{\partial^m X_j}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}} - S_{j_1} \frac{\partial^{m-1}((j ; j_1))_X}{\partial x_{j_2} \dots \partial x_{j_m}} + \\ & + S_{j_1 j_2} \frac{\partial^{m-2}((j ; j_1 j_2))_X}{\partial x_{j_3} \dots \partial x_{j_m}} - \dots + (-1)^m ((j ; j_1 \dots j_m))_X , \end{aligned}$$

in cui S_{j_1} rappresenta la somma di tutti i risultati ottenuti permutando j_1 con ciascuno degli indici $j_1 \dots j_m$; $S_{j_1 j_2}$ rappresenta la somma analoga permutando la coppia $j_1 j_2$ con ciascuna delle coppie scelte negli $j_1 \dots j_m$; ecc.

Questa formola ci servirà in seguito; essa è notevole anche perchè rappresenta una formola di carattere inverso a quello dell'altra che dà l'espressione del simbolo; mentre cioè il simbolo si esprime con una certa legge determinata mediante le derivate dei varî ordini dei coefficienti X, quest'ultima formola dà viceversa un coefficiente X espresso, con una legge analoga, mediante le derivate dei varî ordini dei simboli.

La (38) si presta ad un'altra considerazione. Consideriamo il simbolo (37) come elemento di un sistema a $k + 1$ gruppi di indici. La (38) mostra che la prima dedotta covariante di un tale elemento rispetto ad un indice ω qualsiasi, è sempre identicamente zero; onde saranno zero anche tutte le dedotte seguenti, e cioè:

I simboli fondamentali formano un sistema di funzioni a $k + 1$ gruppi di indici, dei cui elementi ogni dedotta covariante è sempre identicamente zero.

Così si vede che da un sistema a k gruppi di indici (il sistema delle X) deduciamo un sistema a $k + 1$ gruppi di indici (il sistema dei simboli). Se questo

lo consideriamo ancora esso a k gruppi, non tenendo cioè conto di uno dei gruppi, o dell'ultimo, o di uno degli altri, e costruiamo ancora una dedotta, abbiamo, come abbiamo visto di sopra, nuovamente una dedotta del sistema primitivo; se invece quel sistema lo consideriamo a $k+1$ gruppi, colle medesime operazioni otteniamo funzioni zero. Possiamo dire che in certo modo il sistema dei simboli e quello dato formano, da questo punto di vista, un complesso *rientrante in sè stesso.*

Prima di terminare questo § dobbiamo rilevare che l'*operazione del dedurre ha la proprietà di applicarsi ad una somma o ad un prodotto nello stesso modo come la derivazione.*

Applichiamo infatti l'operazione Δ_ω (del *dedurre*) ad un prodotto di due X, ognuna p. es. con un sol gruppo di indici; si ha

$$\Delta_\omega [X_{j\ldots} X_{i\ldots}] = \frac{\partial}{\partial \omega} [X_{j\ldots} X_{i\ldots}] - X_{j\ldots\omega} X_{i\ldots} - X_{j\ldots} X_{i\ldots\omega} =$$

$$= \left[\frac{\partial}{\partial \omega} X_{j\ldots} - X_{j\ldots\omega}\right] X_i + \left[\frac{\partial}{\partial \omega} X_{i\ldots} - X_{i\ldots\omega}\right] X_{j\ldots} =$$

$$= [\Delta_\omega X_{j\ldots}] X_{i\ldots} + [\Delta_\omega X_{i\ldots}] X_{j\ldots}$$

e lo stesso si verifica per ogni altro caso.

§ 15.

Formole di trasformazione dei simboli. Questi formano un sistema covariante.

Passiamo ora alle formole di trasformazione dei simboli, per le quali troveremo un risultato assai semplice ed elegante.

Formiamo la prima dedotta del primo membro di (34), e calcoliamo indi la medesima mediante l'espressione del secondo membro.

La sostanza della dimostrazione non muta se invece di supporre k qualunque, supponiamo $k=1$, cioè consideriamo le X con un sol gruppo di indici; per semplicità ci limiteremo per ora a questo caso, tantopiù che potremo poi far vedere che dalla formola per questo caso si deduce quella generale.

Si ha:

$$((h_1 \ldots h_\mu ; \gamma))_Y = \sum_{m=1}^{\mu} \sum_{j_1, g} \frac{\partial}{\partial x_g} X_{j_1 \ldots j_m} \binom{j_1 \ldots j_m}{h_1 \ldots h_\mu}_{xy} \binom{g}{\gamma}_{xy} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{\mu} \sum_{j} X_{j_1 \ldots j_m} \frac{\partial}{\partial y_\gamma} \binom{j_1 \ldots j_m}{h_1 \ldots h_\mu}_{xy} -$$

$$- \sum_{m=1}^{\mu+1} \sum_{j} X_{j_1 \ldots j_m} \binom{j_1 \ldots j_m}{h_1 \ldots h_\mu\, \gamma}_{xy} .$$

Se invece di *un* gruppo di indici ($k=1$) ve ne fossero k, nella formola vi sarebbero altri $k-1$ termini eguali al secondo e altrettanti eguali al terzo.

Serviamoci ora della formola (28), e osserviamo che nella soprascritta formola i termini per $m=1$ della seconda riga si distruggono con quelli per $m=1$ della terza riga, e che gli altri della seconda e terza riga per $m=2, 3, \ldots \mu$ dànno

$$-\sum_{m=1}^{\mu-1}\sum_{j,g} X_{j_1 \ldots j_m g}\begin{pmatrix} j_1 \ldots j_m \\ h_1 \ldots h_\mu \end{pmatrix}_{xy}\begin{pmatrix} g \\ \gamma \end{pmatrix}_{xy}$$

(essendo $\frac{1}{m}\sum_j S_{j_m} \equiv S_j$), e che infine il termine della terza riga per $m=\mu+1$ può scriversi (ponendo $j_{\mu+1} \equiv g$):

$$-\sum_{j,g} X_{j_1 \ldots j_\mu g}\begin{pmatrix} j_1 \ldots j_\mu\, g \\ h_1 \ldots h_\mu\, \gamma \end{pmatrix}_{xy},$$

cioè (v. § 7 in fine)

$$-\sum_{j,g} X_{j_1 \ldots j_\mu g}\begin{pmatrix} j_1 \ldots j_\mu \\ h_1 \ldots h_\mu \end{pmatrix}_{xy}\begin{pmatrix} g \\ \gamma \end{pmatrix}_{xy}$$

che corrisponde a quanto si ottiene dall'ultima formola per $m=\mu$.

Raccogliendo abbiamo così:

$$((h_1 \ldots h_\mu\,;\gamma))_Y = \sum_{m=1}^{\mu}\sum_{j,g} ((j_1 \ldots j_m\,; g))_X \begin{pmatrix} j_1 \ldots j_m \\ h_1 \ldots h_\mu \end{pmatrix}_{xy}\begin{pmatrix} g \\ \gamma \end{pmatrix}_{xy}, \tag{44}$$

formola che, paragonata con quella di trasformazione delle Y (v. § 12), mostra che *il simbolo* $((h_1 \ldots h_\mu\,;\gamma))_Y$ *si trasforma esattamente come il prodotto delle due* Y *di cui la prima abbia per indici le* h, *e la seconda la* γ, *cioè come il prodotto*

$$Y_{h_1 \ldots h_\mu} Y_\gamma .$$

Questo elegante e notevole risultato è generalissimo, e cioè si ha sempre:

Un simbolo a $k+1$ *gruppi di indici si trasforma come il prodotto delle* $k+1$ X *ognuna avente per indici quelli di ognuno dei gruppi.*

Questo teorema lo dimostreremo estendendo prima per induzione la (44) al caso in cui il secondo gruppo di indici sia formato di τ indici, e poi estendendola al caso in cui vi sieno $k+1$ gruppi.

Dico che:

$$\begin{aligned}((h_1 \ldots h_\mu\,;\gamma_1 \ldots \gamma_\tau))_Y = \\ = \sum_{m=1}^{\mu}\sum_{q=1}^{\tau}\sum_{j,g} ((j_1 \ldots j_m\,; g_1 \ldots g_q))_X \begin{pmatrix} j_1 \ldots j_m \\ h_1 \ldots h_\mu \end{pmatrix}_{xy}\begin{pmatrix} g_1 \ldots g_q \\ \gamma_1 \ldots \gamma_\tau \end{pmatrix}_{xy}.\end{aligned} \tag{45}$$

Il primo membro è la prima dedotta di

$$((h_1 \dots h_\mu\,;\,\gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1}))_Y \equiv \eta_{h_1 \dots h_\mu}$$

rispetto a γ_τ, *dedotta* calcolata senza tener conto dell'ultimo gruppo di indici, cioè considerando il precedente simbolo come dipendente da un solo gruppo di indici. Applicando dunque la (44) alle η possiamo scrivere

$$(46)\qquad ((h_1 \dots h_\mu\,;\,\gamma_\tau))_{Y_1} = \sum_{m=1}^{\mu} \sum_{j,g} ((j_1 \dots j_m\,;\,g))_\xi \begin{pmatrix} j_1 \dots j_m \\ h_1 \dots h_\mu \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} g \\ \gamma_\tau \end{pmatrix}_{xy},$$

dove le ξ sono legate alle η nello stesso modo che le X sono legate alle Y, cioè da formole come le (34); inoltre il primo membro di questa formola è lo stesso del primo membro di (45).

Ammettiamo che la (45) sia vera quando per τ poniamo $\tau - 1$ e gli altri indici li lasciamo o li mutiamo come ci piace. Abbiamo allora

$$((h_1 \dots h_\mu\,;\,\gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1}))_Y = \eta_{h_1 \dots h_\mu} =$$
$$= \sum_{m=1}^{\mu} \sum_{j} \left[\sum_{q=1}^{\tau-1} \sum_{g} ((j_1 \dots j_m\,;\,g_1 \dots g_q))_X \begin{pmatrix} g_1 \dots g_q \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1} \end{pmatrix}_{xy} \right] \begin{pmatrix} j_1 \dots j_m \\ h_1 \dots h_\mu \end{pmatrix}_{xy},$$

onde, dal paragone con una formola come (34), si ha:

$$(47)\qquad \xi_{j_1 \dots j_m} = \sum_{q=1}^{\tau-1} \sum_{g} ((j_1 \dots j_m\,;\,g_1 \dots g_q))_X \begin{pmatrix} g_1 \dots g_q \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1} \end{pmatrix}_{xy},$$

ed è con questi elementi ξ che dobbiamo intendere costruito il secondo membro della (46); dobbiamo cioè costruire la dedotta rispetto all'indice g del secondo membro, sostituirla in (46) e fare le opportune riduzioni.

Ora da (47) si ha:

$$((j_1 \dots j_m\,;\,g))_\xi = \sum_{q=1}^{\tau-1} \sum_{g} ((j_1 \dots j_m\,;\,g_1 \dots g_q\,g))_X \begin{pmatrix} g_1 \dots g_q \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1} \end{pmatrix}_{xy} +$$
$$+ \sum_{q=1}^{\tau-1} \sum_{g} ((j_1 \dots j_m\,;\,g_1 \dots g_q))_X \frac{\partial}{\partial x_g} \begin{pmatrix} g_1 \dots g_q \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1} \end{pmatrix}_{xy},$$

e inoltre possiamo scrivere, in forza della (28),

$$\frac{\partial}{\partial x_g} \begin{pmatrix} g_1 \dots g_q \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1} \end{pmatrix}_{xy} = \sum_{s} \begin{pmatrix} s \\ g \end{pmatrix}_{yx} \frac{\partial}{\partial y_s} \begin{pmatrix} g_1 \dots g_q \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1} \end{pmatrix}_{xy} =$$
$$= \sum_{s} \begin{pmatrix} s \\ g \end{pmatrix}_{yx} \begin{pmatrix} g_1 \dots g_q \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1}\,s \end{pmatrix}_{xy} - \frac{1}{q}\, \mathrm{S}_{g_q} \sum_{s} \begin{pmatrix} s \\ g \end{pmatrix}_{yx} \begin{pmatrix} g_q \\ s \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} g_1 \dots g_{q-1} \\ \gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1} \end{pmatrix}_{xy},$$

coll'avvertenza che questo secondo termine deve porsi zero per $q = 1$.

Il simbolo operativo S_{g_q} e la divisione per q possono sopprimersi dovendo queste espressioni sottostare a dei sommatorî pei quali ognuno degli indici g deve avere ciascuno dei valori da 1 ad n.

Possiamo perciò scrivere:

$$\sum_g ((j_1 \dots j_m\,;\, g))_\xi \binom{g}{\gamma_\tau}_{xy} = \sum_{q=1}^{\tau-1} \sum_g ((j_1 \dots j_m\,;\, g_1 \dots g_q\, g)) \binom{g_1 \dots g_q}{\gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1}}_{xy} \binom{g}{\gamma_\tau}_{xy} +$$

$$+ \sum_{q=1}^{\tau-1} \sum_{g,s} ((j_1 \dots j_m\,;\, g_1 \dots g_q))_x \binom{s}{g}_{yx} \binom{g}{\gamma_\tau}_{xy} \binom{g_1 \dots g_q}{\gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1}}_{xy} -$$

$$- \sum_{q=2}^{\tau-1} \sum_{g,s} ((j_1 \dots j_m\,;\, g_1 \dots g_q))_x \binom{s}{g}_{yx} \binom{g_q}{s}_{xy} \binom{g}{\gamma_\tau}_{xy} \binom{g_1 \dots g_{q-1}}{\gamma_1 \dots \gamma_{\tau-1}}_{xy}$$

Ma

$$\sum_g \binom{s}{g}_{yx} \binom{g}{\gamma_\tau}_{xy} = 1 \quad \text{per } s = \gamma_\tau$$
$$= 0 \quad \text{in ogni altro caso,}$$
$$\sum_s \binom{s}{g}_{yx} \binom{g_q}{s} = 1 \quad \text{se } g = g_q$$
$$= 0 \quad \text{in ogni altro caso,}$$

onde, riducendo, e facendo gli opportuni mutamenti di indici, si vede che tutta la terza riga della precedente formola si distrugge con una parte ad essa eguale contenuta nella prima riga, di cui resta solo l'ultima parte del sommatorio rispetto a q, cioè quella per $q = \tau - 1$. Questa è poi quella che risulterebbe dalla seconda riga per $q = \tau$, onde infine, sostituendo in (46), resta esattamente il secondo membro di (45), la quale resta così dimostrata.

Se invece di elementi ad un sol gruppo di indici si avessero elementi a k gruppi, la dimostrazione procederebbe nello stesso modo, salvo l'aggiunta, nelle varie formole, di tanti altri termini, simili a quelli scritti, e riferentesi ognuno ad un gruppo.

Possiamo dire pertanto dimostrata insieme alla (45), l'altra formola più generale:

$$((h_1 \dots h_\mu\,;\, \dots\,;\, l_1 \dots l_\pi\,;\, \gamma_1 \dots \gamma_\tau))_Y =$$

$$= \sum_{m=1}^{\mu} \sum_{q=1}^{\tau} \sum_{j \dots g} ((j_1 \dots j_m\,;\, \dots\,;\, g_1 \dots g_q))_x \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_\mu}_{xy} \dots \binom{g_1 \dots g_q}{\gamma_1 \dots \gamma_\tau}_{xy}. \tag{48}$$

Del resto la (48) per $\tau = 1$ può farsi dipendere direttamente dalla (44), colla seguente osservazione:

Il primo membro di (48) per $\tau = 1$ è la prima dedotta di

$$Y_{h_1 \dots h_\mu\,;\, \dots\,;\, l_1 \dots l_\pi}$$

rispetto a y_γ, e sappiamo che, rispetto alla trasformazione di variabili, tale Y può simbolicamente rappresentarsi col prodotto

$$\mathrm{Y}_{h_1 \dots h_\mu} \cdots \mathrm{Y}_{l_1 \dots l_\pi},$$

e che la dedotta di tal prodotto si fa colla regola di derivazione del prodotto. Ma per la (44), la dedotta rispetto ad y_γ di ciascuno dei precedenti fattori si trasforma come il prodotto del fattore medesimo per Y_γ; quindi, per la trasformazione, il primo membro di (48) (sempre per $\tau = 1$) si comporta come la somma dei prodotti simbolici

$$[\mathrm{Y}_{h_1 \dots h_\mu} \mathrm{Y}_\gamma] \cdots \mathrm{Y}_{l_1 \dots l_\pi} + \cdots + \mathrm{Y}_{h_1 \dots h_\mu} \cdots [\mathrm{Y}_{l_1 \dots l_\pi} \mathrm{Y}_\gamma], \tag{49}$$

cioè il secondo membro della formola di trasformazione sarà simbolicamente espresso da

$$\sum_{m=1}^{\mu} \sum_{p=1}^{\pi} \sum_{j_1 .. g} \Big\{ [\mathrm{X}_{j_1 \dots j_m} \mathrm{X}_g] \cdots \mathrm{X}_{i_1 \dots i_p} + \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$$
$$+ \mathrm{X}_{j_1 \dots j_m} \cdots [\mathrm{X}_{i_1 \dots i_p} \mathrm{X}_g] \Big\} \binom{j_1 \dots j_m}{h_1 \dots h_\mu}_{xy} \cdots \binom{g}{\gamma}_{xy}.$$

L'espressione contenuta nella parentesi è simbolica; essa sta in luogo della dedotta rispetto ad x_g del prodotto simbolico

$$\mathrm{X}_{j_1 \dots j_m} \cdots \mathrm{X}_{i_1 \dots i_p}$$

cioè di

$$\mathrm{X}_{j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p},$$

nello stesso modo con cui (49) stava in luogo di una dedotta analoga del coefficiente Y. Sostituendo allora a quella espressione simbolica in parentesi, il suo valore effettivo

$$((j_1 \dots j_m ; \dots ; i_1 \dots i_p ; g))_{\mathrm{X}},$$

si ha precisamente la formola richiesta.

La formola (48) che comprende tutte le altre precedenti dimostra il risultato enunciato di sopra, cioè che il simbolo a $k+1$ gruppi di indici si comporta rispetto alla trasformazione di variabili come il prodotto di tanti coefficienti ognuno avente per indici quelli di un solo dei gruppi; e, ricordando la denominazione di *sistemi covarianti* introdotta alla fine del § 12, e quanto abbiamo poi dimostrato alla fine del § 14, possiamo allora anche dire:

Le 1^e, 2^e, ... q^{me} dedotte covarianti degli elementi di un sistema covariante a k gruppi di indici, formano a loro volta un sistema covariante a $k+1$ gruppi, del quale il sistema covariante dedotto è poi identicamente zero.

In ciò è la ragione per la quale abbiamo creduto di introdurre nel § 13 la denominazione di *dedotte covarianti*, cioè di aggiungere la qualifica di *covariante* all'operazione fondamentale Δ.

§ 16.

I simboli principali per i sistemi di funzioni ad un sol gruppo di indici $(k=1)$.
Formole per la loro trasformazione

Le formazioni rappresentate dai simboli introdotti nei paragrafi precedenti sono gli elementi primitivi coi quali si compongono le altre formazioni che intervengono nella soluzione dei varî problemi; queste ultime sono poi quelle che hanno per loro casi particolarissimi i simboli di Christoffel per le forme differenziali quadratiche.

Consideriamo il caso di $k=1$, e quindi il caso di simboli formati con soli *due* gruppi di indici.

Poniamo:

$$
(50)\quad \begin{cases}
((j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p))_X + ((i_1 \dots i_p\,;\, j_1 \dots j_m))_X = \}j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p\{_X & \text{se } m+p \text{ è pari} \\
\qquad = (j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p)_X & \text{se } m+p \text{ è dispari} \\
((j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p))_X - ((i_1 \dots i_p\,;\, j_1 \dots j_m))_X = (j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p)_X & \text{se } m+p \text{ è pari} \\
\qquad = \}j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p\{_X & \text{se } m+p \text{ è dispari}
\end{cases}
$$

Le formazioni rappresentate dai simboli

$$(j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p)_X$$

le chiameremo *simboli principali di 1ª specie*, e quelle rappresentate da

$$\}j_1 \dots j_m\,;\, i_1 \dots i_p\{_X$$

le chiameremo *simboli principali di 2ª specie.*

Quando non è possibile confusione, l'indice X esterno in basso può naturalmente anche sopprimersi.

Il caso più semplice del simbolo di 1ª specie è

$$(51)\qquad (j\,;\,i) = \frac{\partial X_j}{\partial x_i} - \frac{\partial X_i}{\partial x_j},$$

nota espressione che interviene nella teoria delle ordinarie e semplici forme pfaffiane; il caso seguente è

$$(52)\qquad (j_1 j_2\,;\,i) = (i\,;\,j_1 j_2) = \frac{\partial^2 X_i}{\partial x_{j_1}\,\partial x_{j_2}} - \frac{\partial X_{j_1 i}}{\partial x_{j_2}} - \frac{\partial X_{j_2 i}}{\partial x_{j_1}} + \frac{\partial X_{j_1 j_2}}{\partial x_i}$$

che, per il caso delle forme differenziali quadratiche, cioè per una forma differenziale di 2° ordine di cui sieno zero i coefficienti X_i ad un solo indice, diventa la nota formazione di Christoffel.

Il caso più semplice per i simboli di 2ª specie è

$$\}j\,;\,i\{_X = \frac{\partial X_j}{\partial x_i} + \frac{\partial X_i}{\partial x_j} - 2X_{ij}. \tag{53}$$

I simboli di ciascuna delle due specie hanno delle proprietà comuni che legittimano la loro riunione in una medesima classe, per quanto la definizione del medesimo simbolo sia diversa secondochè $m+p$ è pari o dispari.

In ogni simbolo di 1ª specie non esiste alcun termine formato da una X *non sottoposta a derivazione; ogni simbolo di 2ª specie invece contiene sempre un termine siffatto.*

Infatti, nello sviluppo di ciascuna delle due parti di

$$(j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p)$$

vi sono i due termini (comprendendo i due casi di $m+p$ pari o dispari):

$$(-1)^p X_{j_1 \dots j_m i_1 \dots i_p} - (-1)^{m+p}(-1)^m X_{i_1 \dots i_p j_1 \dots j_m}$$

che si distruggono, poichè le X sono indipendenti dall'ordine degli indici. Per

$$\}j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p\{$$

gli stessi due termini sono invece riuniti dal segno $+$ e quindi si sommano.

Per una forma differenziale di ordine r, è evidente che possono formarsi simboli principali di 1ª specie *al più* ad $m+p=r+1$ indici; e simboli di 2ª specie *al più* ad $m+p=r$ indici.

Un simbolo di 1ª specie non muta di segno scambiando fra loro i due gruppi di indici, se $m+p$ è dispari, e muta solo di segno se $m+p$ è pari, cioè

$$\left\{\begin{array}{l} (j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p) = (-1)^{m+p-1}(i_1 \dots i_p\,;\,j_1 \dots j_m) \\ \text{e similmente} \\ \}j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p\{ = (-1)^{m+p}\}i_1 \dots i_p\,;\,j_1 \dots j_m\{. \end{array}\right. \tag{54}$$

Dalla (38) si ha poi facilmente:

$$\left\{\begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial x_\omega}(j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p) = \}j_1 \dots j_m \omega\,;\,i_1 \dots i_p\{ + \}j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p \omega\{ \\ \frac{\partial}{\partial x_\omega}\}j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p\{ = (j_1 \dots j_m \omega\,;\,i_1 \dots i_p) + (j_1 \dots j_m\,;\,i_1 \dots i_p \omega)\,; \end{array}\right. \tag{55}$$

cioè *la derivata prima rispetto all'indice* ω *di un simbolo di 1ª o 2ª specie, è eguale alla somma di due simboli rispettivamente di 2ª o 1ª specie, formati aggregando l'indice* ω *una volta all'uno, e una volta all'altro dei due gruppi di indici.*

Per $m = p = 1$ si ha:

$$\frac{\partial}{\partial x_\omega}(j\,;i) = \}j\omega\,;i\{ + \}j\,;i\omega\{$$
$$= \}j\omega\,;i\{ - \}i\omega\,;j\{$$
$$\frac{\partial}{\partial x_\omega}\}j\,;i\{ = (j\omega\,;i) + (j\,;i\omega)$$
$$= (j\omega\,;i) + (i\omega\,;j)\,,$$

e la seconda di queste contiene come caso particolare quella nota formola che dà *espressa come somma di due simboli di Christoffel la derivata di un coefficiente di una forma differenziale quadratica*; infatti se si pongono zero le X ad un solo indice, la $\}j\,;i\{$ diventa $-2X_{ji}$, le $(j\omega\,;i)$ e $(i\omega\,;j)$ diventano rispettivamente

$$-\left(\frac{\partial X_{ji}}{\partial x_\omega} + \frac{\partial X_{i\omega}}{\partial x_j} - \frac{\partial X_{j\omega}}{\partial x_i}\right)$$
$$-\left(\frac{\partial X_{ij}}{\partial x_\omega} + \frac{\partial X_{j\omega}}{\partial x_i} - \frac{\partial X_{i\omega}}{\partial x_j}\right)$$

che sono rispettivamente, colle solite notazioni pei simboli di Christoffel,

$$-2\begin{bmatrix} j\omega \\ i \end{bmatrix}\quad,\quad -2\begin{bmatrix} i\omega \\ j \end{bmatrix},$$

e, sostituendo, si ha la formola su ricordata.

Possiamo ora mostrare che *ogni simbolo di 1ª specie può sempre esprimersi mediante una combinazione lineare di derivate di simboli di 2ª specie.*

Basta dimostrare la cosa per il caso in cui il gruppo dei secondi indici sia di un solo indice ($p = 1$), perchè, supposto il teorema vero per un certo valore di p, colla seconda delle formole (55), che dà il valore di $(j_1 \dots j_m\,;i_1 \dots i_p\,\omega)$ (cioè di un simbolo di 1ª specie in cui il gruppo dei secondi indici risulti di $p+1$ indici) espresso mediante derivate di simboli di 2ª specie e mediante simboli di 1ª in cui il gruppo dei secondi indici risulti di soli p indici, dimostrasi il teorema vero anche per un simbolo di 1ª specie avente $p+1$ indici nel secondo gruppo.

Ora la dimostrazione del teorema per $p = 1$ dipende da *una formola sulla somma di due simboli di 1ª specie del tipo*

$$(jj_1 \dots j_m\,;i) + (ij_1 \dots j_m\,;j) \tag{56}$$

la quale può esprimersi, come ora dimostrerò, per derivate di simboli di 1ª e 2ª specie tutti aventi un minor numero totale di indici che $m+2$, *che è il numero di quanti ne contiene ciascuno dei due termini della* (56).

Un'analoga proprietà sussiste poi per la differenza di due simboli principali di 2ª specie del tipo

$$\}jj_1 \dots j_m\,;i\{ - \}ij_1 \dots j_m\,;j\{\,.$$

Per effetto delle (42) (40) possiamo scrivere

$$((j_1 \dots j_m j\,;\,i))_X = ((i\,;\,j_1 \dots j_m))_T$$
$$((i\,;\,j_1 \dots j_m j))_X = ((i\,;\,j_1 \dots j_m))_Z\,,$$

essendo gli elementi T e Z rispettivamente

$$T_{hk\dots} = ((j\,;\,hk\dots))_X$$
$$Z_{hk\dots} = ((hk\dots\,;\,j))_X\,.$$

Formiamo ora quella combinazione dei primi membri che costituisce il simbolo di 1ª specie, cioè la somma, se il numero totale degli indici $m+2$ è dispari, o la differenza se $m+2$ è pari.

Si ha (v. § 13)

$$(jj_1 \dots j_m\,;\,i)_X = ((jj_1 \dots j_m\,;\,i))_X - (-1)^m((i\,;\,jj_1 \dots j_m))_X =$$
$$= \frac{\partial^m}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}}[T_i - (-1)^m Z_i] - S_{j_1}\frac{\partial^{m-1}}{\partial x_{j_2} \dots \partial x_{j_m}}[T_{ij_1} - (-1)^m Z_{ij_1}] +$$
$$+ \cdots\cdots + (-1)^m [T_{ij_1 \dots j_m} - (-1)^m Z_{ij_1 \dots j_m}],$$

dove S_{j_1} ha il significato datogli precedentemente, p. es. nel § 14.

Ma l'ultimo termine è

$$(-1)^m [((j\,;\,ij_1 \dots j_m))_X - (-1)^m((ij_1 \dots j_m\,;\,j))_X] =$$
$$= (-1)^m(j\,;\,ij_1 \dots j_m)_X = -(ij_1 \dots j_m\,;\,j)_X$$

e le

$$T_i \;\; - (-1)^m Z_i \;\; = ((j\,;\,i))_X \;\; - (-1)^m((i\,;\,j))_X$$
$$T_{ij_1} - (-1)^m Z_{ij_1} = ((j\,;\,ij_1))_X - (-1)^m((ij_1\,;\,j))_X$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

sono alternativamente simboli di 1ª e simboli di 2ª specie (secondo il valore di m, e secondo il numero totale degli indici che vi figurano) con un numero totale di indici sempre minore di $m+2$, e di cui uno dei gruppi di indici è sempre composto di un indice solo, onde resta dimostrato che la somma (56) si esprime nel modo detto, cioè per derivate di simboli di 1ª e 2ª specie con un minor numero totale di indici, e di cui uno dei gruppi sia sempre composto di un indice solo.

In modo simile si dimostra poi la seconda parte del teorema sulla differenza di due simboli principali di 2ª specie.

Immaginando ora di avere scritta la indicata espressione di (56), permutiamo j con j_1 e i con j_1, e indi dalla somma delle due prime formole sottragghiamo la terza; al primo membro resterà solo

$$(57) \qquad 2(j_1 \dots j_m j\,;\,i)$$

e questo risulterà espresso mediante derivate di simboli di 1ª e 2ª specie ad un minor numero di indici.

Resterà così provato per induzione che (57) si esprimerà mediante derivate di soli simboli di 2ª specie, se faremo vedere che ciò infatti si verifica per i primi valori di m. Ma per $m = 1$ è facile verificare (ponendo $j_1 = h$) che

$$(58) \qquad (hj\,;i) = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x_h}\}j\,;i\{ + \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x_j}\}h\,;i\{ - \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x_i}\}h\,;j\{\,;$$

dunque la proprietà è dimostrata in generale. Dalla dimostrazione stessa risulta che per $m > 1$, l'esprimibilità indicata sarà possibile in generale in molti modi.

La prima delle formole cui dà luogo il teorema è, come si vede, la (58), la quale è notevole perchè il secondo membro non è altro che l'ordinario simbolo di Christoffel calcolato per gli elementi a due indici rappresentati dai simboli principali di 2ª specie a due indici, cioè: *Il simbolo principale di 1ª specie a tre indici è eguale al simbolo di Christoffel calcolato per i simboli principali di 2ª specie a due indici,* teorema che è importante per le forme differenziali complete di 2º ordine.

Prima di terminare questo paragrafo, dobbiamo dire qualcosa sulle formole di trasformazione dei *simboli principali* qui introdotti.

Tali formole risultano immediatamente da quelle del paragrafo precedente, applicate ai due termini del primo membro di (50). Si ha così che il secondo membro della formola di trasformazione di un simbolo principale è una combinazione lineare anche di simboli principali nelle antiche variabili. Se il simbolo principale è ad $m+p$ indici, nel secondo membro vi saranno simboli principali ad $m+p$, $m+p-1$, $m+p-2, \ldots$ indici; quello ad $m+p$ indici essendo un simbolo *della stessa specie* di quello del primo membro, e gli altri poi *alternativamente* di specie opposta e della stessa specie. I coefficienti dei termini del secondo membro sono, come nel paragrafo precedente, le stesse espressioni introdotte nel § 7.

In altri termini dalla (45) applicata ai primi membri di (50) si ha subito:

$$(59) \qquad \begin{aligned} (h_1 \ldots h_m\,;\, l_1 \ldots l_p)_y = & \sum_{ji} (j_1 \ldots j_m\,;\, i_1 \ldots i_p)_x \begin{pmatrix} j_1 \ldots j_m \\ h_1 \ldots h_m \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} i_1 \ldots i_p \\ l_1 \ldots l_p \end{pmatrix}_{xy} + \\ & + \sum_{ji} \}j_1 \ldots j_{m-1}\,;\, i_1 \ldots i_p\{_x \begin{pmatrix} j_1 \ldots j_{m-1} \\ h_1 \ldots h_m \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} i_1 \ldots i_p \\ l_1 \ldots l_p \end{pmatrix}_{xy} + \\ & + \sum_{ji} \}j_1 \ldots j_m\,;\, i_1 \ldots i_{p-1}\{_x \begin{pmatrix} j_1 \ldots j_m \\ h_1 \ldots h_m \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} i_1 \ldots i_{p-1} \\ l_1 \ldots l_p \end{pmatrix}_{xy} + \\ & + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots , \end{aligned}$$

e una formola analoga per i simboli di 2ª specie, ed ottenuta dalla precedente scambiando dappertutto fra loro le due specie di parentesi.

L' ultimo termine della formola (59) sarà:

$$\sum_{ji} (j\,,i)_{\mathrm{X}} \binom{j}{h_1 \dots h_m}_{xy} \binom{i}{l_1 \dots l_p}_{xy} \quad \text{se } m+p \text{ è pari}$$

ovvero

$$\sum_{ji} \}j\,;i\{_{\mathrm{X}} \binom{j}{h_1 \dots h_m}_{xy} \binom{i}{l_1 \dots l_p}_{xy} \quad \text{se } m+p \text{ è dispari.}$$

§ 17.

Le formazioni V *e le loro proprietà.*

Mediante i simboli introdotti nei paragrafi precedenti costruiremo certe formazioni che chiameremo V, e che ci serviranno in seguito per la risoluzione di alcuni problemi. Poniamo

$$(60) \quad \begin{aligned} \mathrm{V}_{j_1 \dots j_m} = & ((j_1\,;j_2 \dots j_m))_{\mathrm{X}} + ((j_2\,;j_1 j_3 \dots j_m))_{\mathrm{X}} + \cdots + \\ & + ((j_1 j_2\,;j_3 \dots j_m))_{\mathrm{X}} + ((j_1 j_3\,;j_2 j_4 \dots j_m))_{\mathrm{X}} + \cdots + \\ & + \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \\ & + ((j_1 \dots j_{m-1}\,;j_m)) + ((j_1 \dots j_{m-2} j_m\,;j_{m-1})) + \cdots \cdot \end{aligned}$$

di cui è evidente la legge di formazione: nella prima linea vi sono tutti i simboli corrispondenti a ciascuna delle separazioni degli m indici in $1+(m-1)$; nella seconda linea i simboli corrispondono alla separazione degli m indici in $2+(m-2)$, e così di seguito nell' ultima linea i simboli corrispondono alla separazione degli m indici in $(m-1)+1$.

Il numero dei termini del secondo membro di (60) è

$$\binom{m}{1} + \binom{m}{2} + \cdots + \binom{m}{m-1},$$

cioè

$$2^m - 2\,.$$

Nello sviluppo di ciascuno dei termini di (60) comparirà il termine $\mathrm{X}_{j_1 \dots j_m}$; esaminiamo con quale coefficiente numerico. Evidentemente col coefficiente:

$$(-1)^{m-1} \left[\binom{m}{1} - \binom{m}{2} + \binom{m}{3} - \cdots + (-1)^{m-1} \binom{m}{m-1} \right],$$

cioè -2 se m è pari, e 0 se m è dispari.

Le V con un solo indice non hanno, secondo la (60), alcun significato; noi le porremo eguali a zero, e ci proponiamo allora di esaminare i valori dei simboli formati cogli elementi V espressi per quelli formati colle X.

Dico che in generale si ha la formola semplice:

$$(61)\quad ((j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p))_V = -\{ j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p \}_X \quad \text{se } m+p \text{ è pari}$$
ovvero
$$= -(j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p)_X \quad \text{se } m+p \text{ è dispari.}$$

Supponiamo infatti prima $p=1$, e teniamo presente la formola di derivazione di un simbolo fondamentale, cioè di uno di quelli che formano il secondo membro di (60).

Mediante tale formola si vede che ognuno dei 2^m-2 termini di cui risulta $\frac{\partial}{\partial x_i} V_{j_1 \dots j_m}$, è eguale alla somma di due dei termini di $V_{j_1 \dots j_m i}$, e nella differenza

$$\frac{\partial}{\partial x_i} V_{j_1 \dots j_m} - V_{j_1 \dots j_m i}$$

che è

$$((j_1 \dots j_m \,;\, i))_V$$

restano perciò solo

$$(2^{m+1}-2) - 2(2^m-2) = 2$$

termini che sono

$$-((j_1 \dots j_m \,;\, i))_X - ((i \,;\, j_1 \dots j_m))_X$$

che formano un simbolo principale di 2ª o 1ª specie secondochè $m+1$ è pari o dispari. Così è dimostrata la (61) per $p=1$.

Per dimostrarla ora in generale, supponiamola verificata per un certo valore di p, e serviamoci di

$$((j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p i))_V = \frac{\partial}{\partial x_i}((j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p))_V - ((j_1 \dots j_m i \,;\, i_1 \dots i_p))_V,$$

applicando a ciascuno dei due termini del secondo membro la formola medesima. Supposto p. es. $m+p=$ pari si ha:

$$((j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p i))_V = -\frac{\partial}{\partial x_i}\{ j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p \}_X + (j_1 \dots j_m i \,;\, i_1 \dots i_p)_X$$

e, per le formole (55), il secondo membro è

$$-(j_1 \dots j_m \,;\, i_1 \dots i_p i)_X .$$

Con ciò è dimostrata per induzione la (61), la quale esprime la notevole proprietà degli elementi V, che *i simboli fondamentali costruiti con essi (cioè le loro dedotte covarianti) sono i simboli principali costruiti colle* X.

Di qui si ricava:

$$((j_1 \dots j_m ; i_1 \dots i_p))_V = ((i_1 \dots i_p ; j_1 \dots j_m))_V \tag{62}$$

e inoltre

$$\left\{\begin{array}{ll} (j_1 \dots j_m ; i_1 \dots i_p)_V = 0 & \text{se } m+p \text{ è pari} \\ \qquad = -2(j_1 \dots j_m ; i_1 \dots i_p)_X & \text{se } m+p \text{ è dispari} \\ \} j_1 \dots j_m ; i_1 \dots i_p \{_V = -2\} j_1 \dots j_m ; i_1 \dots i_p \{_X & \text{se } m+p \text{ è pari} \\ \qquad = 0 & \text{se } m+p \text{ è dispari,} \end{array}\right. \tag{63}$$

cioè *i simboli principali formati colle* V *sono o zero, o rispettivamente eguali a quelli formati colle* X, *ma moltiplicati per* -2.

§ 18.

L'annullarsi di simboli principali come conseguenza dell'annullarsi di altri di essi.

In questo paragrafo vogliamo mostrare un legame notevole che esiste fra l'annullarsi di alcuni simboli principali.

Sieno $i j_1 \dots j_m$ *degli indici qualunque, e supponiamo che per qualunque sistema di valori* $1, 2, \dots n$, *di questi indici, le* X *soddisfino sempre le equazioni*:

$$\left\{\begin{array}{l} (i j_1 \dots j_m \; ; n)_X = 0 \\ \} i j_1 \dots j_{m-1} ; n \{_X = 0 \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \qquad \} i ; n \{_X = 0 \text{ ovvero } (i ; n)_X = 0 \text{ secondochè } m \text{ è dispari o pari.} \end{array}\right. \tag{66}$$

Esse soddisferanno allora anche a tutte l'altre equazioni simili a queste, ma dove l'indice n invece di formare il secondo gruppo, passa ad essere uno degli indici del primo gruppo, cioè le equazioni:

$$\left\{\begin{array}{l} (n j_1 \dots j_m \; ; i)_X = 0 \\ \} n j_1 \dots j_{m-1} ; i \{_X = 0 \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \qquad \} n ; i \{_X = 0 \text{ ovvero } (n ; i)_X = 0 \text{ secondochè } m \text{ è dispari o pari} \end{array}\right. \tag{67}$$

E inoltre se le X *soddisfanno alle* (66) *meno che alla prima, esse soddisferanno a tutte le* (67) *meno che alla prima di esse.*

Questo teorema è conseguenza di quanto abbiamo dimostrato nel § 16, che cioè la somma di due simboli principali di 1ª specie, del tipo

$$(j_1 \dots j_s j \,;\, i) + (i j_1 \dots j_s \,;\, j)$$

ovvero la differenza di due simboli di 2ª specie del tipo

$$\}j_1 \dots j_s j \,;\, i\{ - \}i j_1 \dots j_s \,;\, j\{$$

si esprime per derivate di simboli di 1ª e 2ª specie aventi tutti un numero totale di indici minore di quello dei due della somma o della differenza.

Propriamente dalle considerazioni del § 16 risulta (passando al secondo membro uno dei termini della somma o della differenza) che

$$(j j_1 \dots j_s \,;\, i)$$

ovvero

$$\}j j_1 \dots j_s \,;\, i\{$$

si esprimono rispettivamente con formole come le seguenti:

$$(68)\quad \left\{ \begin{aligned} &(j j_1 \dots j_s \,;\, i) = -(i j_1 \dots j_s \,;\, j) + \mathrm{S}_{j_s} \frac{\partial}{\partial x_{j_s}} \}i j_1 \dots j_{s-1} \,;\, j\{ - \\ &\qquad - \mathrm{S}_{j_{s-1} j_s} \frac{\partial^2}{\partial x_{j_{s-1}} \partial x_{j_s}} (i j_1 \dots j_{s-2} \,;\, j) + \\ &\qquad + \dots\dots\dots \\ &\text{ovvero} \\ &\}j j_1 \dots j_s \,;\, i\{ = \}i j_1 \dots j_s \,;\, j\{ - \mathrm{S}_{j_s} \frac{\partial}{\partial x_{j_s}} (i j_1 \dots j_{s-1} \,;\, j) + \\ &\qquad + \mathrm{S}_{j_{s-1} j_s} \frac{\partial^2}{\partial x_{j_{s-1}} \partial x_{j_s}} \}i j_1 \dots j_{s-2} \,;\, j\{ - \\ &\qquad - \dots\dots\dots \end{aligned} \right.$$

Poniamo ora nelle (68), $j = n$, e supponiamo p. es.

$$\}i \,;\, n\{ = 0 .$$

La seconda delle (68) per $s = 0$ dà

$$\}n \,;\, i\{ = 0 .$$

Supponiamo poi ancora

$$(i j_1 \,;\, n) = 0 ;$$

la prima delle (68) dà allora per $s = 1$,

$$(n j_1 \,;\, i) = 0 ,$$

e supponendo poi ancora

$$\}ij_1j_2\,;\,n\{=0,$$

per mezzo della seconda delle (68) scritta per $s=2$, si ha come conseguenza

$$\}nj_1j_2\,;\,i\{=0\,.$$

Così continuando si vede che, supposte verificate le (66) per m dispari, (e analogamente si procederebbe supponendo m pari, e cominciando però allora dal supporre $(i\,;\,n)=0$) ne sono conseguenza le (67). Dal ragionamento fatto è evidente poi anche la seconda parte del teorema.

Un altro teorema che si applicherà per la risoluzione del problema di riduzione è il seguente:

Sieno $\Xi_{j_1\dots j_m}$ delle funzioni delle sole $x_1\dots x_{n-1}$ (senza x_n), e sieno zero quelle fra esse per le quali almeno uno degli indici sia n.

Poniamo poi in generale

$$X_{j_1\dots j_m}=\xi_{j_1\dots j_m}+\Xi_{j_1\dots j_m}\,, \tag{69}$$

e supponiamo che, per un qualunque sistema di valori degli indici, le X soddisfino a

$$\text{(70)}\quad\begin{cases}\}ij_1\dots j_{m-1}\,;\,n\{_X=0\\ (ij_1\dots j_{m-2}\,;\,n)_X=0\\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\\ \qquad\}i\,;\,n\{_X=0\quad\text{ovvero}\quad(i\,;\,n)_X=0\quad\text{secondochè } m \text{ è dispari o pari,}\end{cases}$$

mentre le ξ soddisfino a

$$\text{(71)}\quad\begin{cases}(ij_1\dots j_{m-2}\,;\,j)_\xi=0\\ \}ij_1\dots j_{m-3}\,;\,j\{_\xi=0\\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\\ \qquad\}i\,;\,j\{_\xi=0\quad\text{ovvero}\quad(i\,;\,j)_\xi=0\quad\text{secondochè } m \text{ è dispari o pari.}\end{cases}$$

Sotto queste condizioni si ha che il simbolo di 1ª specie che precederebbe il primo di quelli della tabella (70) *quando questa si continuasse in su colla stessa legge, è la derivata rispetto a x_n (moltiplicata pel coefficiente $-\frac{1}{2}$) del simbolo di 2ª specie che precederebbe il primo di quelli della tabella* (71) *quando questa fosse similmente continuata in su colla sua stessa legge di formazione; propriamente si ha la formola:*

$$(ij_1\dots j_m\,;\,n)_X=-\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x_n}\}ij_1\dots j_{m-1}\,;\,j_m\{_\xi\,, \tag{72}$$

dove al secondo membro, essendovi una derivazione rispetto ad x_n, e poichè le ξ

differiscono dalle X per funzioni indipendenti da x_n, potrebbe intendersi calcolato il simbolo, invece che per le ξ, per le X.

Se infatti nella prima delle (68) poniamo $s=m$, $j=n$, e osserviamo che tutti i termini, meno il primo, del secondo membro, sono zero, per le (70), si ha:

$$(ij_1 \dots j_m \,;\, n)_X + (nj_1 \dots j_m \,;\, i)_X = 0. \tag{73}$$

Dalla stessa prima delle (68) modificata nel modo detto, scambiando i con j_m e osservando che, per quanto abbiamo dimostrato di sopra, dalla sussistenza delle (70), risulta anche la sussistenza delle analoghe ottenute dalle (70) collo scambio di i con n, si ha similmente:

$$(ij_1 \dots j_m \,;\, n)_X + (nj_1 \dots j_{m-1} i \,;\, j_m)_X = 0. \tag{74}$$

E infine scrivendo per esteso la prima delle (68) in cui al solito si sia posto $s=m$, $j=n$, e si sia scambiato j_m con n, si ha:

$$\begin{aligned}(ij_1 \dots j_{m-1} n \,;\, j_m)_X &+ (nj_1 \dots j_m \,;\, i)_X = \\ &= \frac{\partial}{\partial x_{j_1}} \{ij_2 \dots j_{m-1} n \,;\, j_m\}_X + \cdots + \frac{\partial}{\partial x_{j_{m-1}}} \{ij_1 \dots j_{m-2} n \,;\, j_m\}_X + \\ &\qquad + \frac{\partial}{\partial x_n} \{ij_1 \dots j_{m-1} \,;\, j_m\}_X - \\ &- \frac{\partial^2}{\partial x_{j_1} \partial x_{j_2}} (ij_3 \dots j_{m-1} n \,;\, j_m)_X - \cdots - \frac{\partial^2}{\partial x_{j_{m-1}} \partial x_n} (ij_1 \dots j_{m-2} \,;\, j_m)_X - \cdots \\ &+ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\end{aligned}$$

Ora sul secondo membro di questa formola osserviamo che i termini contenenti le derivate di simboli nei quali l'indice n è interno al simbolo stesso, sono tutti zero per effetto delle relazioni (70) e delle altre che, secondo il teorema precedente si deducono dalle (70) stesse; resta da considerare perciò solo i termini contenenti derivate rispetto a x_n; in tali termini, per la ragione simile a quanto abbiamo accennato di sopra, i simboli possono calcolarsi per le ξ anzichè per le X; inoltre, per effetto delle (71), tali termini sono allora tutti zero, meno il primo di essi contenente una derivata prima rispetto ad x_n, e si ha perciò

$$(ij_1 \dots j_{m-1} n \,;\, j_m)_X + (nj_1 \dots j_m \,;\, i) = \frac{\partial}{\partial x_n} \{ij_1 \dots j_{m-1} \,;\, j_m\}_\xi \,; \tag{75}$$

questa, combinata colle (73) (74) dà esattamente la (72).

Come corollario si ha che, *se la tabella delle equazioni* (71) *si aumenta di una equazione e cioè di quella che le precederebbe tutte proseguendo sempre la stessa legge di formazione, anche la tabella* (70) *si aumenta di un'equazione.*

Si può far vedere infine che *dalla sussistenza delle* (71) *per qualunque sistema di valori degli indici, risulta quella delle altre equazioni*

$$((i_1 \dots i_p \,;\, h_1 \dots h_q))_\xi + ((h_1 \dots h_q \,;\, i_1 \dots i_p))_\xi = 0 \tag{76}$$

se nella (71) m *è dispari, ovvero*

$$((i_1 \dots i_p \, ; \, h_1 \dots h_q))_\xi - ((h_1 \dots h_q \, ; \, i_1 \dots i_p))_\xi = 0 \tag{77}$$

se m *è pari, supposto naturalmente che sia*

$$p + q \leq m + 1 \, .$$

Infatti, servendosi delle solite formole (40) (42) si potrà esprimere (76) o (77) per le derivate di

$$((i_1 \dots i_\nu \, ; \, j_\mu))_\xi \pm ((j_\mu \, ; \, i_1 \dots i_\nu))_\xi$$
$$((i_1 \dots i_\nu j_1 \, ; \, j_\mu))_\xi \pm ((j_\mu \, ; \, i_1 \dots i_\nu j_1))_\xi$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$((i_1 \dots i_\nu j_1 \dots j_{\mu-1} \, ; \, j_\mu))_\xi \pm ((j_\mu \, ; \, i_1 \dots i_\nu j_1 \dots j_{\mu-1}))_\xi \, ;$$

e queste somme o differenze sono rispettivamente i primi membri delle (71), secondochè m è dispari o pari (se m è dispari i primi membri di (71) sono sempre la *somma* di due simboli fondamentali, e se m è pari, essi ne sono invece sempre la differenza), e quindi sono zero.

§ 19.

Invarianza delle caratteristiche delle matrici formate cogli elementi di un sistema covariante nel senso esteso.

Passiamo ora alla dimostrazione di una notevole proprietà delle matrici formate cogli elementi di un sistema covariante nel senso esteso definito al § 12.

Supponiamo che il sistema comprenda m gruppi di indici che scinderemo in due classi, la prima formata di k gruppi, e la seconda di $m - k$. Formiamo la matrice costruita con tutti gli elementi, col dare a ciascun gruppo di indici tutto lo sviluppo di cui è suscettibile, dal minimo al massimo, e a ciascun indice tutti i valori da 1 ad n, e ponendo sempre in una stessa linea orizzontale tutti gli elementi aventi rispettivamente eguali i k gruppi scelti, e in una stessa colonna gli elementi aventi eguali i rimanenti $m - k$ gruppi. Di tali matrici se ne possono costruire tante, facendo variare k, e per uno stesso k considerando una piuttosto che un'altra delle separazioni degli m gruppi.

La proprietà importante di tali matrici è questa:

Le caratteristiche di queste matrici sono invarianti per ogni trasformazione di variabili.

Per la dimostrazione del teorema, supponiamo prima che si tratti di *due* soli gruppi di indici, e formiamo perciò la matrice:

$$
(78) \qquad \left\| \begin{array}{cccccc} Y_{h;1} & \cdots Y_{h;n} & Y_{h;1,1} & Y_{h;12} & \cdots Y_{h;nn} & \cdots \\ Y_{h_1 h_2;1} & \cdots Y_{h_1 h_2;n} & Y_{h_1 h_2;11} & Y_{h_1 h_2;12} & \cdots Y_{h_1 h_2;nn} & \cdots \\ Y_{h_1 h_2 h_3;1} & \cdots Y_{h_1 h_2 h_3;n} & Y_{h_1 h_2 h_3;11} & Y_{h_1 h_2 h_3;12} & \cdots Y_{h_1 h_2 h_3;nn} & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array} \right\| \begin{array}{l} (h \qquad\quad = 1, \dots n) \\ (h_1 h_2 \quad\; = 1, \dots n) \\ (h_1 h_2 h_3 = 1, \dots n) \\ \; \end{array}
$$

e teniamo presenti le formole che esprimono le Y per le X (§ 12).

Essendo

$$
Y_{h_1 \cdots h_\mu; l} = \sum_{\sigma=1}^{\mu} \sum_{ij} X_{i_1 \cdots i_\sigma; j} \begin{pmatrix} i_1 \dots i_\sigma \\ h_1 \dots h_\mu \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} j \\ l \end{pmatrix}_{xy}
$$

$$
Y_{h_1 \cdots h_\mu; l_1 l_2} = \sum_{\sigma=1}^{\mu} \sum_{ij} X_{i_1 \cdots i_\sigma; j} \begin{pmatrix} i_1 \dots i_\sigma \\ h_1 \dots h_\mu \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} j \\ l_1 \, l_2 \end{pmatrix}_{xy} +
$$

$$
+ \sum_{\sigma=1}^{\mu} \sum_{ij} X_{i_1 \cdots i_\sigma; j_1 j_2} \begin{pmatrix} i_1 \dots i_\sigma \\ h_1 \dots h_\mu \end{pmatrix}_{xy} \begin{pmatrix} j_1 \, j_2 \\ l_1 \, l_2 \end{pmatrix}_{xy},
$$

se moltiplichiamo le prime n colonne di (78) rispettivamente per $\lambda_1 \dots \lambda_n$ tali che sia:

$$
(79) \qquad \sum_{l=1}^{n} \begin{pmatrix} j \\ l \end{pmatrix}_{xy} \lambda_l = \begin{pmatrix} j \\ l_1 \, l_2 \end{pmatrix}_{xy}
$$

(equazioni risolubili rispetto alle λ perchè il loro determinante è il determinante funzionale, diverso da zero, delle x rispetto alle y) e sottragghiamo la somma di questi prodotti dagli elementi della colonna contenente gli elementi $Y_{h_1 \dots; l_1 l_2}$, tale colonna si riduce semplicemente coi termini contenenti per fattori

$$
\begin{pmatrix} j_1 \, j_2 \\ l_1 \, l_2 \end{pmatrix}_{xy},
$$

che è formato di derivate *prime* delle x rispetto alle y, cioè è propriamente (secondo le nostre solite convenzioni)

$$
\frac{1}{2} \left(\frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{l_1}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{l_2}} + \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{l_2}} \frac{\partial x_{j_2}}{\partial y_{l_1}} \right).
$$

Similmente, tenendo presente la formola che dà il valore di $Y_{h_1 \cdots h_\mu; l_1 l_2 l_3}$, se dalla colonna che contiene questi elementi sottragghiamo le prime n moltiplicate rispettivamente per $\mu_1 \dots \mu_n$ e le seguenti moltiplicate rispettivamente per $\lambda_{11}, \lambda_{12}, \dots$

determinate dalle equazioni lineari

$$(80)\qquad \begin{cases} \sum_{l=1}^{n} \binom{j}{l}_{xy} \mu_l = \binom{j}{l_1\, l_2\, l_3}_{xy} \\ \sum_{l_1'=1}^{n} \sum_{l_2'=1}^{n} \binom{j_1\, j_2}{l_1'\, l_2'}_{xy} \lambda_{l_1' l_2'} = \binom{j_1\, j_2}{l_1\, l_2\, l_3}_{xy}, \end{cases}$$

(anche risolubili per le stesse ragioni, osservando che il determinante delle $\binom{j_1\, j_2}{l_1'\, l_2'}_{xy}$ è una potenza del determinante funzionale delle x rispetto alle y), anche la suddetta colonna si riduce con elementi contenenti per fattori

$$\binom{j_1\, j_2\, j_3}{l_1\, l_2\, l_3}_{xy},$$

cioè prodotti di derivate *prime* delle x rispetto alle y. Così si continui per tutte le colonne seguenti.

Facciamo ora le stesse operazioni fra le linee, e cioè la linea che avea gli elementi $Y_{h_1 h_2; l_1 l_2 \ldots}$ riduciamola ad una i cui elementi (che sono già venuti ad avere per fattori i prodotti di derivate prime $\binom{j}{l}_{xy}$, $\binom{j_1\, j_2}{l_1\, l_2}_{xy} \cdots$) riescano ad avere per fattori solamente $\binom{i_1\, i_2}{h_1\, h_2}_{xy}$ e così di seguito.

In tal modo la matrice (78) resta trasformata in una i cui elementi sono tutti del tipo

$$(81)\qquad \sum_{ij} X_{i_1 \ldots i_\mu;\, j_1 \ldots j_p} \binom{i_1 \ldots i_\mu}{h_1 \ldots h_\mu} \binom{j_1 \ldots j_p}{l_1 \ldots l_p},$$

che, con opportuni mutamenti di indici, possono sempre scriversi sotto la forma

$$(82)\qquad \sum_{ij} X_{i_1 \ldots i_\mu;\, j_1 \ldots j_p} \frac{\partial x_{i_1}}{\partial y_{h_1}} \cdots \frac{\partial x_{i_\mu}}{\partial y_{h_\mu}} \frac{\partial x_{j_1}}{\partial y_{l_1}} \cdots \frac{\partial x_{j_p}}{\partial y_{l_p}}.$$

La matrice degli elementi (82) è il prodotto di una matrice come la (78) dove le Y sieno sostituite dalle X, cioè di

$$(83)\qquad \left\| \begin{matrix} X_{i,1} \ldots X_{i,n} & X_{i,11} \ldots X_{i,111} & \ldots \\ X_{i_1 i_2,1} \ldots X_{i_1 i_2,n} & X_{i_1 i_2,11} \ldots X_{i_1 i_2,111} & \ldots \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot & \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot & \cdot \end{matrix} \right\| \quad \begin{matrix} (i = 1, 2, \ldots n) \\ (i_1 i_2 = 1, 2, \ldots n) \end{matrix}$$

due volte di seguito per la matrice:

$$(84)\qquad \left\|\begin{matrix} \frac{\partial x_1}{\partial y_1}\dots\frac{\partial x_n}{\partial y_1} & 0 & 0\;.\;.\;.\;.\;.\;0 & \dots \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot \\ \frac{\partial x_1}{\partial y_n}\dots\frac{\partial x_n}{\partial y_n} & 0 & 0\;.\;.\;.\;.\;.\;0 & \dots \\ 0\dots\dots 0 & \frac{\partial x_1}{\partial y_1}\frac{\partial x_1}{\partial y_1}, & \frac{\partial x_1}{\partial y_1}\frac{\partial x_2}{\partial y_1},\dots\frac{\partial x_n}{\partial y_1}\frac{\partial x_n}{\partial y_1} & \dots \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot \\ 0\dots\dots 0 & \frac{\partial x_1}{\partial y_n}\frac{\partial x_1}{\partial y_n}, & \frac{\partial x_1}{\partial y_n}\frac{\partial x_2}{\partial y_n},\dots\frac{\partial x_n}{\partial y_n}\frac{\partial x_n}{\partial y_n} & \dots \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot & \cdot\;\cdot \end{matrix}\right\|$$

ed eseguendo il primo prodotto combinando le *linee orizzontali* di (83) con quelle di (84), e indi il secondo combinando le *colonne* del prodotto già ottenuto (in cui si intenda che si sieno disposti in *linea orizzontale* i risultati ottenuti da una medesima linea orizzontale di (83)) con le linee di (84).

La formazione della matrice (84) è facile ad intendersi: sia D la matrice funzionale delle x rispetto alle y; $D^{(1)}$ la matrice di ordine n^2 i cui elementi sieno i prodotti a due a due degli elementi di D (ponendo sempre in una stessa linea i prodotti di elementi delle stesse due linee di D), e così di seguito; la matrice (84) è allora

$$(85)\qquad \left\|\begin{matrix} D & 0 & 0 & \cdots \\ 0 & D^{(1)} & 0 & \cdots \\ 0 & 0 & D^{(2)} & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}\right\|.$$

I determinanti delle matrici $D^{(1)}\, D^{(2)}\dots$ sono tutte potenze del determinante D, e ciò per un noto teorema detto di Kronecker.

Da quanto si è detto risulta che un minore qualunque di ordine ν della matrice (78) si comporrà come somma di prodotti di minori dello stesso ordine della matrice (83) per minori dello stesso ordine di (84); e poichè col procedimento inverso, cioè partendo dalla (83) e giungendo in modo simile alla (78), si deduce che viceversa anche ogni minore di ordine ν di (83) si esprime come funzione lineare omogenea di minori dello stesso ordine di (78), si ricava infine che le due matrici (78) e (83) non possono che avere la stessa caratteristica.

Con ciò il nostro teorema è dimostrato per il caso di X a due soli gruppi di indici. Ma è facile vedere che un'analoga dimostrazione potrebbe farsi se si trattasse di *più* gruppi. Se p. es. si tratti di tre gruppi, e le colonne della matrice si compongano facendo variare gli indici del secondo e terzo gruppo, per modo che una

linea qualunque della matrice sia

$$\|Y_{h_1 \ldots ; 1 ; 1} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot Y_{h_1 \ldots ; 1 ; n} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot Y_{h_1 \ldots ; n ; n} \cdot \cdot \cdot \| \tag{86}$$

in luogo delle equazioni (79) e delle prime delle (80), bisognerà considerare le

$$\sum_{l l'} \binom{j}{l} \binom{j'}{l'} \lambda_{l l'} = \binom{j}{l_1 \, l_2 \ldots} \binom{i'}{l'_1 \, l'_2 \ldots}, \tag{87}$$

e indi sottrarre dalla colonna degli elementi $Y_{h_1 \ldots ; l_1 l_2 \ldots ; l_1' l_2' \ldots}$ le prime n^2 colonne moltiplicate rispettivamente per le λ così determinate (le equazioni (87) sono risolubili per ragioni analoghe a quelle di sopra; il determinante dei coefficienti è un determinante di Kronecker di quelli ora citati, e perciò è una potenza del determinante D). Si vede che il teorema può così intendersi definitivamente dimostrato.

§ 20.

Le matrici formate colle dedotte covarianti di un sistema, e quelle formate coi simboli principali relativi ad un sistema ad un sol gruppo di indici.

Una prima conseguenza importante del teorema del paragrafo precedente è la sua applicazione al sistema delle dedotte covarianti di un dato sistema.

Limitandoci al caso di un sistema ad un sol gruppo di indici abbiamo che *la matrice*

$$\left\| \begin{matrix} ((1\,;1)) & \cdots & ((1\,;n)) \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ ((n\,;1)) & \cdots & ((n\,;n)) \\ ((1\,,1\,;1)) & \cdots & ((1\,,1\,;n)) \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ ((n\,,n\,;1)) & \cdots & ((n\,,n\,;n)) \\ ((1\,,1\,,1\,;1)) & \cdots & ((1\,,1\,,1\,;n)) \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{matrix} \right\| \tag{88}$$

ha caratteristica invariante per ogni trasformazione di variabili.

Oltre di questa può anche considerarsi l'altra matrice ottenuta da questa coll'aggiunta di una prima colonna composta dei simboli $((1\,;0))\,, \ldots ((1\,,1_1\,;0)) \ldots$ cioè a dire degli elementi $X_1\,, \ldots X_{11}\,, \ldots$

Ma, oltre alle due dette matrici, se ne possono costruire delle altre colla stessa proprietà.

Ed infatti ricordando le formole di trasformazione dei simboli principali (v. § 16) si riconosce subito che può tenersi lo stesso procedimento di dimostrazione per ma-

trici formate nel seguente modo:

$$
(89)\qquad \left\| \begin{array}{llcl} 0 & X_1 & \cdots\cdots\cdots & X_n \\ X_1 & (1\,;1) & \cdots\cdots\cdots & (1\,;n) \\ \cdots & \cdots & \cdots\cdots\cdots & \cdots \\ X_n & (n\,;1) & \cdots\cdots\cdots & (n\,;n) \\ X_{11} & \}1\,,1\,;1\{ & \cdots\cdots\cdots & \}1\,,1\,;n\{ \\ \cdots & \cdots & \cdots\cdots\cdots & \cdots \\ X_{nn} & \}n\,,n\,;1\{ & \cdots\cdots\cdots & \}n\,,n\,;n\{ \\ X_{111} & (1\,,1\,,1\,;1) & \cdots\cdots\cdots & (1\,,1\,,1\,;n) \\ \cdots & \cdots & \cdots\cdots\cdots & \cdots \\ X_{nnn} & (n\,,n\,,n\,;1) & \cdots\cdots\cdots & (n\,,n\,,n\,;n) \\ \cdots & \cdots & \cdots\cdots\cdots & \cdots \end{array} \right\| ,
$$

e così proseguendo fino a quel numero di indici che si vuole, cambiando però volta per volta la *specie* del simbolo principale quando si aumenta di un'unità il numero degli indici.

E similmente possiamo dire per l'altra matrice ottenuta dalla (89) scambiando dappertutto i simboli di 1ª con quelli di 2ª specie, cioè ponendo le parentesi rotonde dove sono quelle a graffa e viceversa.

E infine la stessa proprietà vale anche per la matrice totale formata da (89) e da quella ottenuta cogli scambî indicati, e anche per tutte le altre matrici ottenute dalle precedenti sopprimendo la prima linea, o la prima colonna, o ambedue.

È utile introdurre una notazione uniforme per tutte queste matrici.

Indichiamo con M la matrice costituita dalla sola prima linea di (89); con $(M)_1$ quella delle linee dalla 2ª alla $(n+1)^{ma}$; con $\}M\{_1$ la analoga, ma mutandovi nei simboli le parentesi rotonde in quelle a graffa; con $\}M\{_2$ la matrice delle linee contenenti i simboli a graffa a *tre* indici, e con $(M)_2$ la analoga coi simboli a parentesi rotonde; e così di seguito. Indichiamo poi ancora con M', $(M')_1$, $\}M'\{_1$, $(M')_2$, $\}M'\{_2$, ... le medesime matrici ma prive della prima colonna.

Rappresentiamo poi colla *somma* di alcuni di questi simboli M le matrici totali costituite da quelle rappresentate dai varî termini della somma; abbiamo allora che *le matrici aventi caratteristiche invarianti sono le seguenti*:

$$
(90)\qquad \left\{ \begin{array}{l} M+(M)_1 \\ M+\}M\{_1 \\ M+(M)_1+\}M\{_1 \\ M+(M)_1+\}M\{_2 \\ M+\}M\{_1+(M)_2 \\ M+(M)_1+\}M\{_1+\}M\{_2 \\ M+(M)_1+\}M\{_1+(M)_2 \\ M+(M)_1+\}M\{_1+(M)_2+\}M\{_2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array} \right.
$$

e così di seguito; inoltre hanno la stessa proprietà tutte le altre matrici ottenute dalle precedenti sopprimendo la prima linea M_1, *e le altre ottenute sopprimendo da ciascuna delle precedenti anche la prima colonna, cioè quelle la cui rappresentazione si ottiene accentando tutte le* M *del quadro* (90) *e dell'altro quadro ottenuto da* (90) *colla soppressione del primo termine* M *in ciascuna somma.*

Per $r = 1$ cioè per le ordinarie forme pfaffiane le sole matrici della specie suindicata sono le *tre*

$$\begin{aligned} &M + (M)_1 \\ &\quad (M)_1 \equiv M' + (M')_1 \\ &\quad (M')_1 \end{aligned}$$

e si ottiene così un ovvio teorema già noto.

Per $r = 2$, cioè per le forme differenziali di 2° ordine, le matrici della predetta specie sono quelle della 1ª, 2ª, 3ª, 5ª, 7ª riga di (90) e poi le medesime senza il primo termine M, e infine le une e le altre accentando tutte le M.

Si avrebbero in tutto 20 matrici, le quali però si riducono a 18 perchè evidentemente è:

$$\begin{aligned} (M)_1 &\equiv M' + (M')_1 \\ \}M\{_1 &\equiv M' + \}M'\{_1 \,. \end{aligned}$$

Supponendo che la forma differenziale fondamentale sia una forma differenziale quadratica si ha una nuova proprietà dei simboli di Christoffel, proprietà non osservata dai tanti Autori che si sono occupati delle forme differenziali quadratiche; e cioè che *la matrice*

$$(91) \qquad \left\| \begin{matrix} 0 & X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ 0 & X_{n1} & \cdots & X_{nn} \\ X_{11} & \begin{bmatrix} 1,1 \\ 1 \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} 1,1 \\ n \end{bmatrix} \\ X_{12} & \begin{bmatrix} 1,2 \\ 1 \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} 1,2 \\ n \end{bmatrix} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ X_{nn} & \begin{bmatrix} n,n \\ 1 \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} n,n \\ n \end{bmatrix} \end{matrix} \right\|$$

e l'altra ottenuta da essa colla soppressione della prima colonna, hanno caratteristiche invarianti per ogni trasformazione di variabili.

Ciò si riconosce subito osservando che i simboli $(i, h; k)$ diventano per le forme differenziali quadratiche i simboli di Christoffel $\begin{bmatrix} i,h \\ k \end{bmatrix}$ (v. § 16), e che allora delle 18 matrici a caratteristica invariante ne restano, di significative, solo tre, e cioè quella dei coefficienti X_{ih}, e le due suindicate.

Per una forma di ordine r, l'ultima delle matrici (90), cioè quella che contiene tutte le altre è:

$$\mathrm{M} + \sum_{\rho=1}^{r-1} [(\mathrm{M})_\rho + \{\mathrm{M}\}_\rho] + (\mathrm{M})_r \equiv \mathrm{E}\,, \tag{92}$$

e una qualunque delle matrici (90) o analoghe è compresa nelle formole generali:

$$\left\{\begin{array}{l} \varepsilon\mathrm{M} + \sum_{\rho=1}^{s} [(\mathrm{M})_\rho + \{\mathrm{M}\}_\rho] + (\mathrm{M})_{s+1} + \{\mathrm{M}\}_{s+2} + \cdots \\ \varepsilon\mathrm{M} + \sum_{\rho=1}^{s} [(\mathrm{M})_\rho + \{\mathrm{M}\}_\rho] + \{\mathrm{M}\}_{s+1} + (\mathrm{M})_{s+2} + \cdots \end{array}\right. \tag{93}$$

dove s è un numero qualunque, ε può essere zero o 1, e il numero dei termini dopo il Σ è arbitrario, ma naturalmente scelto in modo che l'ultimo termine non abbia indice eguale o maggiore di r, ammenochè esso non sia $(\mathrm{M})_r$. Sono poi anche invarianti le caratteristiche di tutte le altre matrici rappresentate mediante una formola analoga alla (93), ma ponendo dappertutto M' in luogo di M.

§ 21.

Cangiamento che subiscono le caratteristiche delle matrici del paragrafo precedente, quando la forma fondamentale si moltiplichi per un fattore, o ad essa si aggiunga un differenziale esatto. Estensione di alcuni teoremi di Frobenius.

Lo scopo di questo paragrafo è l'estensione di alcuni teoremi che Frobenius dimostrò per il caso delle forme pfaffiane e che trovano la loro applicazione nella soluzione dei problemi di riduzione di cui si tratterà più avanti.

Il primo teorema che vogliamo dimostrare è il seguente:

Quando la forma fondamentale si moltiplica per un fattore funzione delle variabili, la caratteristica della matrice (92) $\equiv \mathrm{E}$ *resta inalterata.*

Vi sono molte altre matrici, comprese nella E, e che godono della stessa proprietà: ma a noi basta limitarci alla considerazione della sola E. Per semplicità di dimostrazione ci limiteremo al caso di $r = 2$; ma il caso generale si tratterebbe nello stesso modo.

Moltiplicando la forma $\mathrm{X}^{(2)}$ per un fattore σ, indichiamo con $\mathrm{T}^{(2)}$ la forma ottenuta, e quindi con T_i, T_{hk} i suoi coefficienti. I simboli relativi alla T si espri-

meranno mediante quelli relativi alla X, colle formole facili a verificarsi:

$$T_i = \sigma X_i \qquad , \qquad T_{hk} = \sigma X_{hk}$$

$$(i\,;k)_T = \sigma(i\,;k)_X + X_i \frac{\partial\sigma}{\partial x_k} - X_k \frac{\partial\sigma}{\partial x_i}$$

$$\{i\,;k\}_T = \sigma\{i\,;k\}_X + X_i \frac{\partial\sigma}{\partial x_k} + X_k \frac{\partial\sigma}{\partial x_i}$$

$$(i\,,j\,;k)_T = \sigma(i\,,j\,;k)_X + X_{ij} \frac{\partial\sigma}{\partial x_k} + \frac{1}{2}\frac{\partial\sigma}{\partial x_j}[(k\,;i) + \{k\,;i\}] +$$
$$+ \frac{1}{2}\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}[(k\,;j) + \{k\,;j\}] + X_k \frac{\partial^2\sigma}{\partial x_i\,\partial x_j}\,.$$

Immaginiamo formata la matrice E con questi elementi, e osserviamo che la prima linea e la prima colonna, sopprimendovi il fattore comune σ, restano le stesse di prima.

Indi dagli elementi della colonna $(k+1)^{ma}$ sottragghiamo quelli della prima moltiplicati per $\frac{\partial\sigma}{\partial x_k}$; allora negli elementi di $(M)_1$, $\{M\}_1$, restano eliminati i termini $X_i \frac{\partial\sigma}{\partial x_k}$ e $X_{ij}\frac{\partial\sigma}{\partial x_k}$, che, secondo le formole soprascritte, compaiono nella loro espressione.

Ciò fatto, aggiungiamo agli elementi della linea i^{ma} di $(M)_1$ quelli della linea M moltiplicati per $\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}$; togliamo dagli elementi della linea i^{ma} di $\{M\}_1$ quelli di M moltiplicati anche per $\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}$ e togliamo dagli elementi di ciascuna linea (di posto $i\,,j$) di $(M)_2$ quelli di M moltiplicati per $\frac{\partial^2\sigma}{\partial x_i\,\partial x_j}$. Con questi mutamenti la matrice E diventa:

$$\left\|\begin{array}{llcl} 0 & X_1 & \ldots\ldots\ldots & X_n \\ X_i & \sigma(i\,;1)_X & \ldots\ldots\ldots & \sigma(i\,;n)_X \\ \ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots \\ X_i & \sigma\{i\,,1\}_X & \ldots\ldots\ldots & \sigma\{i\,;n\}_X \\ \ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots \\ X_{ij} & \sigma(ij\,;1)_X + A_{ij1} & \ldots\ldots & \sigma(ij\,;n)_X + A_{ijn} \end{array}\right\|$$

dove

$$A_{ijk} = \frac{1}{2}\frac{\partial\sigma}{\partial x_j}[(k\,;i)_X + \{k\,;i\}_X] + \frac{1}{2}\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}[(k\,;j)_X + \{k\,;j\}_X].$$

Se ora agli elementi della linea il cui primo elemento è X_{ij} aggiungiamo quelli delle linee $(i+1)^{ma}$ e $(j+1)^{ma}$, moltiplicati rispettivamente per $\frac{1}{2\sigma}\frac{\partial\sigma}{\partial x_j}$ e per

$\frac{1}{2\sigma}\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}$, e quelli delle linee $(n+i+1)^{ma}$ e $(n+j+1)^{ma}$ moltiplicati per $-\frac{1}{2\sigma}\frac{\partial\sigma}{\partial x_j}$ e per $-\frac{1}{2\sigma}\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}$ si riconosce che le linee di $(M)_2$ diventano semplicemente del tipo

$$\| X_{ij}, \sigma(ij;1)_X, \ldots \sigma(ij;n)_X \|,$$

e quindi moltiplicando poi la prima colonna per σ e sopprimendo il fattore σ comune a tutte le linee, si torna esattamente alla matrice E primitiva; con ciò il teorema è dimostrato.

Dallo stesso procedimento della dimostrazione si riconosce che sono invarianti anche le caratteristiche delle altre matrici

$$E_1 = M + (M)_1 + \{M\}_1 \quad , \quad E_2 = M + (M)_1 \quad , \quad E_3 = M + \{M\}_1 .$$

Ricordando che la matrice E conserva anche la stessa caretteristica operando una qualunque trasformazione di variabili, ne risulta che *se* $X^{(r)} = 0$, $T^{(r)} = 0$ *sono due* EQUAZIONI *ai differenziali totali di ordine* r, EQUIVALENTI (cioè che con una trasformazione di variabili dall'una equazione si passa all'altra, senza che ciò includa necessariamente l'equivalenza delle due forme $X^{(r)}$, $T^{(r)}$) *le caratteristiche delle matrici* E (*e lo stesso potrebbe dirsi delle altre matrici suaccennate*) *relative alle due equazioni, sono eguali.*

Consideriamo ora la matrice D ottenuta da E sopprimendo la prima linea **M**. La sua caratteristica k sarà evidentemente eguale o minore di una unità di quella k_1 di E.

Quali cangiamenti subisce la caratteristica di D, moltiplicando la forma per un fattore? Sieno k', k'_1 rispettivamente le caratteristiche delle E e D relative alla $\sigma X^{(r)} \equiv T^{(r)}$.

Essendo $k' = k$, e k'_1 eguale a k' ovvero a $k' - 1$, si ha che k'_1 sarà eguale a k ovvero a $k - 1$; ma k è eguale a k_1 ovvero a $k_1 + 1$, onde abbiamo che, se $k = k_1$ allora k'_1 sarà eguale a k_1 ovvero a $k_1 - 1$, e se invece $k = k_1 + 1$, allora k'_1 sarà eguale a $k_1 + 1$ ovvero a k_1, cioè possiamo dire che:

Se le matrici D *e* E *primitive aveano la stessa caratteristica, allora la caratteristica di* D *dopo il mutamento della forma* $X^{(r)}$, *o resta inalterata o si diminuisce di un'unità; se invece* D *ed* E *aveano caratteristiche diverse, allora quella di* D *o resta inalterata o si aumenta di un'unità.*

Assai facilmente possiamo ora esaminare il comportarsi di altre matrici del paragrafo precedente, quando il cangiamento che si dà alla forma fondamentale non è, come sopra, quello di moltiplicarla per un fattore, ma è l'aggiunzione di un differenziale r^{mo} esatto.

Ponendo $T^{(r)} = X^{(r)} + d^r\varphi$ è evidente che i simboli $(i\,;j)_T$, $\{i\,;j\}_T$; $(ij\,;h)_T$ relativi alla forma $T^{(r)}$ sono eguali rispettivamente a quelli relativi alla forma $X^{(r)}$, e quindi le matrici i cui elementi sono solo i simboli principali, cioè tutte quelle (s' intende fra le solite) che sono comprese nella matrice totale ottenuta da E colla soppressione della prima linea e prima colonna, avranno, con tale mutamento, caratteristica invariante.

Così per $r = 2$ si ha: *aggiungendo ad* $X^{(2)}$ *un differenziale secondo esatto, restano invariati gli elementi delle matrici (e quindi anche le caratteristiche)*:

$$F \equiv (M')_1 + \{M'\}_1 + (M')_2$$

$$F_1 \equiv (M')_1 + \{M'\}_1$$

$$F_2 \equiv (M')_1 \quad , \qquad F_3 \equiv \{M'\}_1$$

$$F_4 \equiv \{M'\}_1 + (M')_2 \, .$$

E facendo ora fra D ed F una considerazione analoga a quella fatta di sopra fra E e D, possiamo anche dire: *aggiungendo ad* $X^{(2)}$ *un differenziale esatto, la caratteristica di* D *o resta inalterata o s'aumenta di un'unità se* F *e* D *aveano la stessa caratteristica; ovvero, se* F *e* D *aveano la caratteristica diversa, la caratteristica di* D *o resta inalterata o si diminuisce di un'unità.*

In questi risultati si riconosce l'estensione dei teoremi che Frobenius stabilì nello studio delle caratteristiche delle semplici matrici $M + (M)_1$, $(M)_1$, $(M')_1$ che sono le sole che si presentano per le forme di 1° ordine.

§ 22.

L'invariante simultaneo $\varDelta$ di una forma differenziale e di una alle derivate parziali.

Facciamo questa costruzione dell' invariante $\varDelta$ non limitandoci alle forme differenziali *lineari* nelle δ, ma tornando ancora alla considerazione delle forme differenziali del tipo più generale $X^{(r_1 \dots r_k)}$.

Consideriamo allora insieme a questa, una espressione multilineare nelle derivate parziali di varie funzioni diverse, cioè del tipo

$$(94) \qquad \Xi_{s_1 \dots s_k} = \sum_{m=1}^{s_1} \cdots \sum_{p=1}^{s_k} \sum_{i \dots j} \xi_{i_1 \dots i_m ; \dots ; j_1 \dots j_p} \frac{\partial^m f_1}{\partial x_{i_1} \dots \partial x_{i_m}} \cdots \frac{\partial^p f_k}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_p}} \, ,$$

in cui le ξ sieno delle funzioni a k gruppi di indici.

Dico che allora l'espressione

$$(95)\qquad \varLambda = \sum_{m=1}^{s_1} \cdots \sum_{p=1}^{s_k} \sum_{i \dots j} \mathrm{X}_{i_1 \dots i_m; \dots ; j_1 \dots j_p}\, \xi_{i_1 \dots i_m; \dots ; j_1 \dots j_p},$$

ammesso che le s sieno sempre non maggiori delle r di eguale indice, è un invariante simultaneo della forma X *e della* Ξ.

La dimostrazione di questo teorema basterà farla per il solo caso di $k=1$, giacchè da essa si deduce subito la dimostrazione generale.

Colla trasformazione di variabili (x nelle y) la Ξ acquisti i coefficienti $\eta_{h_1 \dots h_\mu; \dots ; l_1 \dots l_\pi}$.

Come si esprimono questi mediante i ξ? Immaginiamo sostituiti nella Ξ in luogo delle derivate delle f rispetto alle x le loro espressioni mediante le derivate delle stesse rispetto alle y, e a ciò usando la formola generale trovata nel § 7, in cui si sieno scambiate le x colle y.

Il risultato ottenuto possiamo scriverlo nel seguente modo (con opportuni cangiamenti di indici):

$$\sum_{m=1}^{s_1} \cdots \sum_{p=1}^{s_k} \sum_{i \dots j} \xi_{i_1 \dots i_m; \dots ; j_1 \dots j_p} \sum_{\mu=1}^{m} \cdots \sum_{\pi=1}^{p} \sum_{h \dots l} \binom{h_1 \dots h_\mu}{i_1 \dots i_m}_{yx} \cdots \binom{l_1 \dots l_\pi}{j_1 \dots j_p}_{yx} \times$$
$$\times \frac{\partial^\mu f_1}{\partial y_{h_1} \dots \partial y_{h_\mu}} \cdots \frac{\partial^\pi f_k}{\partial y_{l_1} \dots \partial y_{l_\pi}},$$

ed osservando le identità

$$\sum_{m=1}^{s_1} \sum_{\mu=1}^{m} = \sum_{\mu=1}^{s_1} \sum_{m=\mu}^{s_1}$$

e le analoghe per gli altri sommatorî, possiamo scrivere la precedente espressione sotto la forma:

$$\sum_{\mu=1}^{s_1} \cdots \sum_{\pi=1}^{s_k} \sum_{h \dots l} \left[\sum_{m=\mu}^{s_1} \cdots \sum_{p=\pi}^{s_k} \sum_{i \dots j} \xi_{i_1 \dots i_m; \dots ; j_1 \dots j_p} \binom{h_1 \dots h_\mu}{i_1 \dots i_m}_{yx} \cdots \binom{l_1 \dots l_\pi}{j_1 \dots j_p}_{yx} \right] \times$$
$$\times \frac{\partial^\mu f_1}{\partial y_{h_1} \dots \partial y_{h_\mu}} \cdots \frac{\partial^\pi f_k}{\partial y_{l_1} \dots \partial y_{l_\pi}},$$

e questa mostra che i coefficienti η si esprimono con gli ξ colla formola:

$$(96)\qquad \eta_{h_1 \dots h_\mu; \dots ; l_1 \dots l_\pi} = \sum_{m=\mu}^{s_1} \cdots \sum_{p=\pi}^{s_k} \sum_{i \dots j} \xi_{i_1 \dots i_m; \dots ; j_1 \dots j_p} \binom{h_1 \dots h_\mu}{i_1 \dots i_m}_{yx} \cdots \binom{l_1 \dots l_\pi}{j_1 \dots j_p}_{yx},$$

donde si vede che *le ξ a k gruppi di indici si trasformano esattamente come i*

prodotti delle ξ ognuna ad un sol gruppo di indici, proprietà analoga a quella che sussiste per i coefficienti delle forme differenziali (v. § 12).

Di qui deriva quanto abbiamo sopra asserito, che cioè la dimostrazione dell'invariantività del $\mathcal{A}$ deriva da quella dell'analogo $\mathcal{A}$ ma per $k = 1$. Giacchè, esaminando la formazione del $\mathcal{A}$, e ricordando questa proprietà, comune sia alle X che alle ξ, si vede che per la trasformazione di variabili, il $\mathcal{A}$ si comporterà precisamente come il prodotto di k altri $\mathcal{A}$, ma ognuno costruito con coefficienti X e ξ dipendenti sempre da *un sol* gruppo di indici; il $\mathcal{A}$ generale potrebbe cioè rappresentarsi come *il prodotto simbolico* di k di questi $\mathcal{A}$ particolari, e l'invariantività di questi ultimi porta quindi con sè quella del $\mathcal{A}$ dato dalla formola (95).

Dimostriamo allora l'invariantività del $\mathcal{A}$ corrispondente al caso di $k = 1$.

Con i valori (33) e (96) possiamo trovare il valore del $\mathcal{A}$ calcolato per le forme trasformate cioè di

$$\mathcal{A}' = \sum_{\mu=1}^{s} \sum_{h} \mathrm{Y}_{h_1 \dots h_\mu} \eta_{h_1 \dots h_\mu}$$

espresso per le X e ξ.

Mutando, per evitare confusioni, in (96) l'indice m in m' e le i nelle i', e osservando che si ha identicamente:

$$\sum_{\mu=1}^{s} \sum_{m=1}^{\mu} \sum_{m'=\mu}^{s} \equiv \sum_{m=1}^{s} \sum_{\mu=m}^{s} \sum_{m'=\mu}^{s} \equiv \sum_{m=1}^{s} \sum_{m'=m}^{s} \sum_{\mu=m}^{m'}$$

possiamo scrivere

$$\mathcal{A}' = \sum_{m=1}^{s} \sum_{m'=m}^{s} \sum_{i} \sum_{i'} \mathrm{X}_{i_1 \dots i_m} \xi_{i'_1 \dots i'_{m'}} \sum_{\mu=m}^{m'} \sum_{h} \binom{i_1 \dots i_m}{h_1 \dots h_\mu}_{xy} \binom{h_1 \dots h_\mu}{i'_1 \dots i'_{m'}}_{yx} .$$

Ma, ricordando la formola (29) del § 10, si riconosce che l'ultima parte di questa espressione è zero sempre che gli indici i' sieno diversi dagli i, ed è 1 solo quando $m' = m$ e gli i' sieno rispettivamente tutti eguali agli i; onde abbiamo infine

$$\mathcal{A}' = \mathcal{A}$$

che è quanto si voleva dimostrare.

È bene notare che l'ordine s della forma alle derivate parziali può essere diverso da r (ordine della forma differenziale), ma non ne può essere maggiore; altrimenti la precedente dimostrazione non potrebbe più reggersi, perchè il sommatorio nella definizione di $\mathcal{A}$ non potrebbe estendersi che da $m = 1$ ad $m = r$, e le trasposizioni dei sommatorî operate di sopra non potrebbero più effettuarsi.

§ 23.

I primi covarianti della forma differenziale.

I primi covarianti della forma fondamentale $X^{(r_1 \cdots r_k)}$ che ci si presentano sono quelli che possiamo chiamare i *covarianti evidenti* connessi alla forma data, e che sono forme differenziali di ordini $s_1 \dots s_k$ rispettivamente minori o alcuni eguali agli $r_1 \dots r_k$, e i cui coefficienti ad $1, 2, \dots$ indici in ciascun gruppo sono rispettivamente gli stessi di quelli della forma data.

Ricordando le formole di trasformazione dei coefficienti X, e cioè che i valori delle X trasformate, ad un certo numero di indici in ciascun gruppo, dipendono dalle X sempre ad un numero *minore* di indici, e *mai* da quelle ad un numero maggiore, si riconosce subito che le sopradette formazioni sono covarianti.

Ma di covarianti si può costruire una classe più generale che comprende i precedenti. Quelli ora considerati sono forme differenziali di grado k (cioè dipendenti da k gruppi di indici) e li indicheremo perciò con $X^{(s_1 \cdots s_k)}$. Formiamo invece le forme differenziali di grado $k+1$, aventi per coefficienti le *dedotte covarianti* dei coefficienti della forma fondamentale, e indichiamole similmente con $X^{(s_1 \cdots s_{k+1})}$. Poniamo cioè:

$$(97) \quad X^{(s_1 \cdots s_k s_{k+1})} \equiv \sum_{m=1}^{s_1} \cdots \sum_{q=1}^{s_{k+1}} \sum_{i \dots g} ((i_1 \dots i_m ; \dots ; g_1 \dots g_q)) \, \delta^{(s_1)}_{i_1 \cdots i_m} \cdots \delta^{s_{k+1}}_{g_1 \cdots g_q} .$$

Queste forme sono *covarianti*, come si riconosce subito ricordando che le *dedotte covarianti* si trasformano come i prodotti dei coefficienti ad un sol gruppo di indici, e quindi la (97) si trasformerà come il prodotto $X^{(s_1)} \dots X^{(s_{k+1})}$, ed è perciò un covariante relativo alla $X^{(r_1 \cdots r_k)}$ come quel prodotto lo è relativamente ad una $X^{(r)}$.

I numeri $s_1 \dots s_{k+1}$ non possono superare certi limiti dipendenti dagli ordini $r_1 \dots r_k$ della forma fondamentale.

Quali sono questi limiti? Essi sono imposti da ciò: che i coefficienti di (97) debbono potersi costruire mediante i soli coefficienti della forma fondamentale, senza l'inclusione di altri nuovi, cioè che i coefficienti X a k gruppi di indici, mediante cui si debbano costruire le dedotte, non abbiano più di r_1 indici nel primo gruppo, r_2 nel secondo, ecc.

Ora per poter costruire la dedotta rappresentata p. es. da

$$((i_1 \dots i_m ; \dots ; j_1 \dots j_p ; g_1 \dots g_q))$$

occorrono X le quali abbiano *al più* $m+q$ indici nel primo gruppo,.... $p+q$ nel-

l'ultimo; onde si hanno subito le disuguaglianze:

$$m + q \leq r_1, \ldots\ldots p + q \leq r_k;$$

e poichè per la costruzione di (97) occorrono *dedotte* nelle quali m è al massimo eguale ad s_1, ... p è al massimo eguale ad s_k, q è al massimo eguale ad s_{k+1}, così abbiamo per i numeri s le disuguaglianze

$$s_1 + s_{k+1} \leq r_1, \ldots\ldots s_k + s_{k+1} \leq r_k.$$

Se in particolare poniamo in (97) $s_{k+1} = 0$ possiamo ritenere come casi limiti delle (97) le forme differenziali considerate sul principio di questo paragrafo, e chiamate *covarianti evidenti.*

Ed ora possiamo passare a dimostrare una elegante formola per il differenziale di una espressione (97).

Dico che si ha semplicemente:

$$(98) \qquad dX^{(s_1 \ldots s_{k+1})} = \sum_{i=1}^{k+1} X^{(s_1 \ldots s_i+1, \ldots s_k+1)};$$

per formare cioè il differenziale di (97) *basta accrescere di un'unità ciascuno degli s separatamente volta per volta, e indi sommare tutte le* X *così ottenute.*

Per semplicità faremo la dimostrazione di questa formola per il caso di $k = 1$; ma la dimostrazione per il caso generale si condurrebbe in analogo modo.

Possiamo scrivere:

$$dX^{(s_1 s_2)} = \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i g} \sum_{j} \frac{\partial((i_1 \ldots i_m ; g_1 \ldots g_q))}{\partial x_j} dx_j \, \delta^{(s_1)}_{i_1 \ldots i_m} \delta^{(s_2)}_{g_1 \ldots g_q} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i g} ((i_1 \ldots i_m ; g_1 \ldots g_q)) \, d\delta^{(s_1)}_{i_1 \ldots i_m} \delta^{(s_2)}_{g_1 \ldots g_q} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i g} ((i_1 \ldots i_m ; g_1 \ldots g_q)) \, \delta^{(s_1)}_{i_1 \ldots i_m} d\delta^{(s_2)}_{g_1 \ldots g_q}.$$

Ma adoperando la formola per il differenziale di δ (formola (5) del § 2), e osservando che, essendo gli indici i sottoposti ai sommatorî, l'effetto dell'operazione S_{i_m} (che compare in quella formola) resta distrutto dalla divisione per m, e

così per l'operazione S_{g_q}, si ha:

$$dX^{(s_1 s_2)} = \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i\,g} \sum_{j} \frac{\partial((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_q))}{\partial x_j}\, dx_j\, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_m}\, \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_q} -$$

$$- \sum_{m=2}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i\,g} ((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_q))\, dx_{i_m}\, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_{m-1}}\, \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_q} -$$

$$- \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=2}^{s_2} \sum_{i\,g} ((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_q))\, dx_{g_q}\, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_m}\, \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_{q-1}} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i\,g} ((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_q))\, \delta^{(s_1+1)}_{i_1 \dots i_m}\, \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_q} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i\,g} ((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_q))\, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_m}\, \delta^{(s_2+1)}_{g_1 \dots g_q}\,.$$

Ora nella seconda riga di questa formola mutiamo m in $m+1$ e poniamo poi $i_{m+1} \equiv j$; nella terza riga mutiamo q in $q+1$ e poniamo poi $g_{q+1} \equiv j$. Così facendo il sommatorio rispetto ad m della seconda riga, verrà esteso da $m=1$ ad $m = s_1 - 1$; e quello rispetto a q della terza riga verrà esteso da $q=1$ a $q = s_2 - 1$. Estendiamoli rispettivamente sino ad s_1 e sino ad s_2, e perciò aggiungiamo a tutto il secondo membro i due termini

$$\sum_{q=1}^{s_2} \sum_{i\,g} ((i_1 \dots i_{s_1}\,;\, g_1 \dots g_q))\, dx_{i_{s_1+1}}\, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_{s_1}}\, \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_q} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{i\,g} ((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_{s_2}))\, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_m}\, dx_{g_{s_2+1}}\, \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_{s_2}}\,,$$

i quali, [osservando che essendo gli indici i, g sottoposti ai sommatorî possiamo porre

$$dx_{i_{s_1+1}}\, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_s} \equiv \delta^{(s_1+1)}_{i_1 \dots i_{s_1+1}}$$

$$dx_{g_{s_2+1}}\, \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_{s_2}} \equiv \delta^{(s_2+1)}_{g_1 \dots g_{s_2+1}}\Big]$$

sono della specie di quelli della 4ª e 5ª riga, e uniti rispettivamente con questi fanno in modo che nella 4ª riga il sommatorio rispetto ad m debba estendersi sino ad $s_1 + 1$, e nella 5ª riga quello rispetto a q debba estendersi sino a $s_2 + 1$.

Intanto la prima riga, e la seconda e terza modificate nel modo detto dànno per risultato zero, per effetto della identità (38) dimostrata nel § 14; e restano perciò solo la 4ª e 5ª riga modificate col cangiamento indicato dei limiti superiori dei sommatorî rispetto ad m e a q rispettivamente. Esse non sono altro che (secondo le nostre notazioni)

$$X^{(s_1+1, s_2)} \quad \text{e} \quad X^{(s_1, s_2+1)},$$

e si ha perciò la formola semplice

$$dX^{(s_1 s_2)} = X^{(s_1+1, s_2)} + X^{(s_1, s_2+1)}. \tag{99}$$

Per il caso di k diverso da 1, è evidente che la dimostrazione procederebbe nella identica maniera.

Limitandoci alla (99) e applicandola consecutivamente p volte, *otteniamo la formola*

$$d^p X^{(s_1 s_2)} = \sum_{t=0}^{p} \binom{p}{t} X^{(s_1+p-t, s_2+t)} \tag{100}$$

che dà il differenziale p^{mo} *di* $X^{(s_1, s_2)}$.

Possiamo poi anche dimostrare le due formole seguenti che ci occorreranno in seguito:

$$\left\{\begin{aligned} &\sum_{s=0}^{\sigma} (-1)^s \binom{\sigma}{s} d^{\sigma-s} X^{(s_1+s, s_2)} = X^{(s_1, s_2+\sigma)} \\ &\sum_{s=0}^{\sigma} (-1)^s \binom{\sigma}{s} d^{\sigma-s} X^{(s_1, s_2+s)} = X^{(s_1+\sigma, s_2)} \end{aligned}\right. \tag{101}$$

la cui sussistenza può riconoscersi per induzione; giacchè per $\sigma = 0$ le due formole sono evidentemente delle identità, e può farsi vedere che sussistendo per σ, sussisteranno anche per $\sigma + 1$. Infatti differenziando primo e secondo membro di una di esse, p. es. della prima, e indi sottraendo la medesima nella quale si sia mutato s_2 in $s_2 + 1$ si ha:

$$\sum_{s=0}^{\sigma} (-1)^s \binom{\sigma}{s} d^{\sigma+1-s} X^{(s_1+s, s_2)} - \sum_{s=0}^{\sigma} (-1)^s \binom{\sigma}{s} d^{\sigma-s} X^{(s_1+1+s, s_2)} = X^{(s_1, s_2+\sigma+1)},$$

e se nella seconda parte del primo membro mutiamo s in $s-1$ e indi raccogliamo e riduciamo i termini simili, otteniamo infine una formola come la prima di (101) in cui però si sia mutato σ in $\sigma + 1$.

Prima di terminare questo paragrafo dobbiamo fare una osservazione.

Se invece di costruire le $X^{(s_1 s_2)}$ come sopra, costruissimo le altre forme differenziali

$$(102) \quad X^{(s_1 s_2)}_{h_1 \dots h_\sigma ; k_1 \dots k_\pi} = \sum_{m=1}^{s_1} \sum_{q=1}^{s_2} ((h_1 \dots h_\sigma \, i_1 \dots i_m \; ; k_1 \dots k_\pi \, g_1 \dots g_q)) \, \delta^{(s_1)}_{i_1 \dots i_m} \delta^{(s_2)}_{g_1 \dots g_q}$$

(e se similmente procedessimo per il caso più generale) se cioè gli indici di ciascun gruppo nel simbolo della dedotta covariante, non si intendano tutti variabili, ma alcuni *fissi*, queste formazioni non saranno più covariantive, ma continueranno però a soddisfare alle formole (99), (100), (101), perchè le dimostrazioni e i calcoli fatti potrebbero per esse ripetersi senza cangiamento sostanziale. Ciò ci servirà in seguito.

A completare la notazione introdotta colla (102) introdurremo le

$$X^{(s_1 s_2)}_{0 ; k_1 \dots k_\pi} \, , \quad X^{(s_1 s_2)}_{h_1 \dots h_\sigma ; 0}$$

per rappresentare quelle fra le (102) nelle quali sparisce il gruppo delle k o quello delle h.

§ 24.

Un teorema sopra una certa combinazione lineare di differenziali dei covarianti evidenti.

Prendiamo in considerazione la prima delle formole (101) per $s_1 = s_2 = 0$. Il secondo membro non ha allora più significato. Vogliamo propriamente considerare il primo membro quando da esso intendiamo staccati il primo e ultimo termine, e cioè l'espressione:

$$(103) \qquad \sum_{s=1}^{\sigma-1} (-1)^s \binom{\sigma}{s} d^{\sigma-s} X^{(s)},$$

dimostrare su questa formazione una proprietà importante, e trovarne anche il legame con altre formazioni già studiate precedentemente (le formazioni V del § 17).

Sviluppando la (103) servendosi della formola (100), si ha a prima vista una espressione *quadratica* nelle δ, non lineare, ogni termine contenendo sempre due δ, la somma dei cui indici superiori è sempre costante eguale a σ.

Ma noi dimostreremo che questa quadraticità non è che apparente, e che *la* (103) *è in sostanza una forma lineare nelle* δ, *cioè una forma della medesima specie della* $X^{(r)}$, *mediante i cui cofficienti essa è costruita.*

Applicando la (100) a ciascun termine di (103), si ha:

$$\sum_{s=1}^{\sigma-1} \sum_{t=0}^{\sigma-s} (-1)^s \binom{\sigma}{s} \binom{\sigma - s}{t} X^{(\sigma-t,\, t)} ,$$

ed essendo identicamente

$$\sum_{s=1}^{\sigma-1}\sum_{t=1}^{\sigma-s} = \sum_{t=1}^{\sigma-1}\sum_{s=1}^{\sigma-t}$$

e

$$\binom{\sigma}{s}\binom{\sigma-s}{t} = \binom{\sigma}{t}\binom{\sigma-t}{s}$$

si ha, staccando il termine per $t=0$:

$$\sum_{t=1}^{\sigma-1}\left\{\sum_{s=1}^{\sigma-t}(-1)^s\binom{\sigma-t}{s}\right\}\binom{\sigma}{t} X^{(\sigma-t,\,t)} + \sum_{s=1}^{\sigma-1}(-1)^s\binom{\sigma}{s} X^{(\sigma)} .$$

Ma l'espressione numerica contenuta nella parentesi è zero, o -2 secondochè σ è dispari o pari, onde abbiamo che la (103) ha il valore

$$(104) \qquad -\sum_{t=1}^{\sigma-1}\binom{\sigma}{t} X^{(\sigma-t,\,t)} \qquad \text{se } \sigma \text{ è dispari}$$

$$(105) \qquad -2X^{(\sigma)} - \sum_{t=1}^{\sigma-1}\binom{\sigma}{t} X^{(\sigma-t,\,t)} \qquad \text{se } \sigma \text{ è pari.}$$

Se invece di considerare la (103) si fosse considerata la medesima, ma aggiuntivi i due termini per $s=0$ e $s=\sigma$, si sarebbe ottenuto, collo stesso procedimento, zero; il che mostra anche che il secondo membro della prima delle (101) deve ritenersi zero per $s_1 = s_2 = 0$. Calcoliamo ora (104) e mostriamo che essa è una espressione lineare nelle δ. Essa può scriversi:

$$-\sum_{t=1}^{\sigma-1}\binom{\sigma}{t}\sum_{m=1}^{t}\sum_{q=1}^{\sigma-t}\sum_{i\,g}((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_q))\, \delta^{(t)}_{i_1 \dots i_m}\, \delta^{(\sigma-t)}_{g_1 \dots g_q} ,$$

ovvero, mutando notazioni per trovarci d'accordo più tardi colle notazioni adoperate in altre formole di cui dovremo servirci,

$$-\sum_{t=1}^{\sigma-1}\binom{\sigma}{t}\sum_{m=1}^{t}\sum_{\rho=m+1}^{\sigma+m-t}\sum_{i\,g}((i_1 \dots i_m\,;\, g_1 \dots g_{\rho-m}))\, \delta^{(t)}_{i_1 \dots i_m}\, \delta^{(\sigma-t)}_{g_1 \dots g_{\rho-m}} .$$

Ma si ha identicamente

$$\sum_{t=1}^{\sigma-1}\sum_{m=1}^{t}\sum_{\rho=m+1}^{\sigma+m-t} = \sum_{\rho=2}^{\sigma}\sum_{m=1}^{\rho-1}\sum_{t=m}^{\sigma+m-\rho} ,$$

onde la precedente espressione diventa:

$$-\sum_{\varrho=2}^{\sigma}\sum_{m=1}^{\varrho-1}\sum_{i\,g}((i_1\dots i_m\,;\,g_1\dots g_{\varrho-m}))\sum_{t=m}^{\sigma+m-\varrho}\binom{r}{t}\delta^{(t)}_{i_1\dots i_m}\delta^{(\sigma-t)}_{g_1\dots g_{\varrho-m}}\,,$$

cioè, tenendo conto della formola (10) del § 2, si ha infine (mutando poi anche $g_1\dots g_{\varrho-m}$ in $i_{m+1}\dots i_\varrho$):

$$-\sum_{\varrho=2}^{\sigma}\sum_{i}\sum_{m=1}^{\varrho-1}\binom{\varrho}{m}((i_1\dots i_m\,;\,i_{m+1}\dots i_\varrho))\,\delta^{(\sigma)}_{i_1\dots i_\varrho}\,, \tag{106}$$

che è appunto un'espressione lineare nelle δ. Per il caso di σ pari, a questa espressione deve aggiungersi, secondo (105), la forma $-2X^{(\sigma)}$ che è anche lineare nelle δ; e di qui si vede che l'assunto resta così dimostrato in ogni caso.

La (106) può scriversi diversamente: fissato un sistema di indici $i_1\dots i_\varrho$, con essi possono costruirsi $\binom{\varrho}{m}$ simboli $((i_1\dots i_m\,;\,i_{m+1}\dots i_\varrho))$ *diversi*, di cui il gruppo dei primi indici sia formato di m indici, e il gruppo dei secondi indici sia formato dei rimanenti $\varrho-m$, e ciò ricordando che il valore di quei simboli è indipendente dall'ordine degli indici in ciascun gruppo. Osservando che in (106) ciascuno degli indici i deve avere tutti i valori di 1 ad n (numero delle variabili x), e che quindi nel sommatorio sono compresi tutti quei $\binom{\varrho}{m}$ simboli costruiti nel modo suindicato con $i_1\dots i_\varrho$, possiamo, senza alterare il sommatorio, sostituire a ciascun simbolo la somma di tutti i $\binom{\varrho}{m}$ suddetti, e indi dividere per $\binom{\varrho}{m}$; così operando per ogni valore di m, si riconosce che la forma (106) non è altro che quella che ha i coefficienti $V_{i_1\dots i_\varrho}$ già introdotti e studiati nel § 17, cioè che si ha infine:

$$\left\{\begin{aligned}\sum_{s=1}^{\sigma-1}(-1)^s\binom{\sigma}{s}d^{s-\sigma}X^{(s)}&=-V^{(\sigma)} && \text{per } \sigma \text{ dispari}\\ &=-V^{(\sigma)}-2X^{(\sigma)} && \text{per } \sigma \text{ pari,}\end{aligned}\right. \tag{107}$$

indicando, al solito, con $V^{(\sigma)}$ la forma differenziale i cui coefficienti sieno $V_{i_1\dots i_\varrho}$.

§ 25.

Covarianti simultanei di una forma differenziale e di una alle derivate parziali, o in particolare di una che sia il simbolo di una trasformazione infinitesima.

I covarianti che vogliamo costruire in questo paragrafo, formano una classe che contiene come ultimo rappresentante l'invariante Δ costruito nel § 22.

Supponiamo assegnata una forma Ξ multilineare nelle derivate parziali di ordini $s_1\dots s_k$ come quella del § 22 (formola (94)) e anzichè moltiplicare i coefficienti

per quelli della forma differenziale, moltiplichiamoli opportunamente per le dedotte covarianti dei coefficienti stessi.

Formiamo cioè le espressioni:

$$(108)\quad \varDelta^{(\omega)} = \sum_{m=1}^{s_1} \cdots \sum_{p=1}^{s_k} \sum_{q=1}^{\omega} \sum_{i\ldots g} \xi_{i_1\ldots i_m;\ldots;j_1\ldots j_p} ((i_1 \ldots i_m ; \ldots ; j_1 \ldots j_p ; g_1 \ldots g_q))\, \delta^{(\omega)}_{g_1\ldots g_q}$$

e poi le altre ottenute da questa scambiando *solo* nella doppia parentesi l'*ultimo* gruppo con uno dei precedenti, p. es.

$$(109)\quad \varDelta^{(\omega)} = \sum_{m=1}^{s_1} \cdots \sum_{p=1}^{s_k} \sum_{q=1}^{\omega} \sum_{i\ldots g} \xi_{i_1\ldots i_m;\ldots;j_1\ldots j_p} ((g_1 \ldots g_q ; \ldots ; j_1 \ldots j_p ; i_1 \ldots i_m))\, \delta^{(\omega)}_{g_1\ldots g_q} \,.$$

Si riconosce subito che *queste formazioni sono covariantive*; infatti sappiamo che per la trasformazione di variabili i simboli in doppie parentesi si trasformano come i prodotti delle due X, una avente per unico gruppo di indici uno dei gruppi del simbolo stesso, e l'altra avente per gruppi di indici il complesso di tutti gli altri. Immaginando allora sostituito in modo opportuno tale prodotto al simbolo, si vede che sia (108) che (109), si trasformeranno come il prodotto dell'invariante $\varDelta$ del § 22 per una forma differenziale lineare nei δ; e di qui appare senz'altro la loro proprietà invariantiva.

Delle precedenti formazioni generali importa di considerare il caso particolare in cui sia $k = 1$, e la forma alle derivate parziali sia di *primo ordine*, cioè sia il solito simbolo di una cosiddetta trasformazione infinitesima:

$$(110)\qquad \Xi = \sum_i \xi_i \frac{\partial f}{\partial x_i}\,.$$

Indicandole allora rispettivamente con $C^{(\omega)}$, $D^{(\omega)}$, abbiamo (adoperando anche la notazione introdotta alla fine del § 23)

$$(111)\qquad C^{(\omega)} = \sum_{q=1}^{\omega} \sum_{i\,g} \xi_i ((i\,; g_1 \ldots g_q))\, \delta^{(\omega)}_{g_1\ldots g_q} = \sum_i \xi_i\, X^{(0,\omega)}_{i,0}$$

$$(112)\qquad D^{(\omega)} = \sum_{q=1}^{\omega} \sum_{i\,g} \xi_i ((g_1 \ldots g_q\,; i))\, \delta^{(\omega)}_{g_1\ldots g_q} = \sum_i \xi_i\, X^{(\omega,0)}_{0,i}\,,$$

in cui ω *può essere al più eguale ad* $r-1$, se r è al solito, l'ordine della forma differenziale data.

Sommando o sottraendo e introducendo i simboli principali abbiamo altri covarianti. Distinguendo il caso di ω pari, da quello di ω dispari, porremo

$$(113) \qquad \begin{cases} L^{(2\rho)} = C^{(2\rho)} + D^{(2\rho)} \quad , \quad E^{(2\rho)} = - C^{(2\rho)} + D^{(2\rho)} \\ L^{(2\rho+1)} = - C^{(2\rho+1)} + D^{(2\rho+1)} \quad , \quad E^{(2\rho+1)} = C^{(2\rho+1)} + D^{(2\rho+1)} , \end{cases}$$

e allora si ha in ogni caso (sia ω pari o dispari):

$$(114) \qquad L^{(\omega)} = \sum_i \xi_i \sum_g [(g_1 \ldots g_\omega \, ; \, i) \, \delta^{(\omega)}_{g_1 \ldots g_\omega} + \{g_1 \ldots g_{\omega-1} \, ; \, i\} \, \delta^{(\omega)}_{g_1 \ldots g_{\omega-1}} + \\ + (g_1 \ldots g_{\omega-2} \, ; \, i) \, \delta^{(\omega)}_{g_1 \ldots g_{\omega-2}} + \cdots]$$

$$(115) \qquad E^{(\omega)} = \sum_i \xi_i \sum_g [\{g_1 \ldots g_\omega \, ; \, i\} \, \delta^{(\omega)}_{g_1 \ldots g_\omega} + (g_1 \ldots g_{\omega-1} \, ; \, i) \, \delta^{(\omega)}_{g_1 \ldots g_{\omega-1}} + \\ + \{g_1 \ldots g_{\omega-2} \, ; \, i\} \, \delta^{(\omega)}_{g_1 \ldots g_{\omega-2}} + \cdots] .$$

Questi covarianti si presenteranno, come vedremo, nello studio dell'applicazione di una trasformazione infinitesima alla forma differenziale; le quantità in parentesi sia in L che in E hanno una legge di formazione ben chiara; per un L si comincia sempre coi simboli principali *di 1ª specie*, e indi si procede, alternativamente, con simboli di 2ª e di 1ª, per un E invece si comincia coi simboli di 2ª specie e indi si procede anche alternativamente.

Una osservazione è ora di fondamentale importanza per le cose che dovremo dire in seguito.

La $L^{(\omega)}$ non contiene coefficienti X a più di ω indici; quindi essa può anche considerarsi come un covariante di $X^{(\omega)}$, mentre non può dirsi lo stesso della $E^{(\omega)}$ e delle $C^{(\omega)}$, $D^{(\omega)}$, le quali possono considerarsi covarianti solo di $X^{(\omega+1)}$ e naturalmente delle altre di ordine superiore.

Di qui ne viene che per una $X^{(r)}$ fondamentale, mentre non esistono le $C^{(r)}$, $D^{(r)}$, $E^{(r)}$ esiste invece la $L^{(r)}$, ed è anzi proprio questa che ci si presenterà nel problema cui abbiamo or ora accennato.

§ 26.

I covarianti angolari di una forma differenziale.

La denominazione di *covariante angolare* che mi piace di introdurre per una certa classe di covarianti di una forma differenziale, non ha altra ragione che una reminiscenza relativa alle forme differenziali quadratiche, per le quali si conosce un *covariante bilineare* che, nella interpretazione geometrica di quelle forme, corrisponde

al numeratore dell'espressione introdotta dal Beltrami come *coseno dell'angolo* di due direzioni.

Per i casi più complessi che quelli delle ordinarie forme differenziali quadratiche, l'interpretazione geometrica della detta classe di covarianti ci sfugge, ma non sarà tuttavia inopportuno conservare la denominazione, che servirà a rammentarne immediatamente l'origine.

Per una forma differenziale quadratica

$$\sum_{ij} X_{ij}\, dx_i\, dx_j$$

è *covariante* la forma

$$\sum_{ij} X_{ij}\, dx_i\, \delta x_j ,$$

dove con δx_j si indica una serie di differenziali *cogredienti* ai dx_j.

Se consideriamo, invece della forma differenziale quadratica, la forma completa di 2° ordine:

$$\sum_{i} X_i\, d^2 x_i + \sum_{ij} X_{ij}\, dx_i\, dx_j$$

è facile verificare che è covariante l'espressione

$$\sum_{i} X_i\, \delta d x_i + \sum_{ij} X_{ij}\, dx_i\, \delta x_j$$

formata anch'essa mediante i due simboli differenziali d e δ; scambiando fra loro questi due, se non se ne ammette la permutabilità, si ha un'altra espressione covariante.

Con una trasformazione di variabili i coefficienti della precedente espressione si trasformano colle formole:

$$X_i = \sum_{h} Y_h \frac{\partial y_h}{\partial x_i} \quad , \quad X_{ij} = \sum_{hk} Y_{hk} \frac{\partial y_h}{\partial x_i} \frac{\partial y_k}{\partial x_j} + \sum_{h} Y_h \frac{\partial^2 y_h}{\partial x_i\, \partial x_j} ,$$

mentre si ha:

$$dx_i = \sum_{l} \frac{\partial x_i}{\partial y_l} dy_l \quad , \quad \delta d x_i = \sum_{lt} \frac{\partial^2 x_i}{\partial y_l\, \partial y_t} dy_l\, dy_t + \sum_{l} \frac{\partial x_i}{\partial y_l} \delta dy_l ,$$

onde sostituendo ed osservando che

$$\sum_i \frac{\partial y_h}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial y_l}$$

è eguale a 1 solo se $l = h$, ed è zero in ogni altro caso, e che

$$\sum_i \frac{\partial y_h}{\partial x_i} \frac{\partial^2 x_i}{\partial y_l \, \partial y_t} + \sum_{ij} \frac{\partial^2 y_h}{\partial x_i \, \partial x_j} \frac{\partial x_i}{\partial y_l} \frac{\partial x_j}{\partial y_t} = 0,$$

si ottiene

$$\sum_h \mathrm{Y}_h \, \delta d y_h + \sum_{hk} \mathrm{X}_{hk} \, d y_h \, \delta y_k;$$

il che dimostra l'indicata covarianza.

Ora ci domandiamo: per una forma differenziale generale di ordine r, di quelle considerate ripetutamente in questo lavoro:

$$\sum_{m=1}^{r} \sum_j \mathrm{X}_{j_1 \dots j_m} \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m},$$

qual'è l'estensione dei covarianti suddetti?

Ricordiamo cosa sono e come sono formate le espressioni differenziali δ. Esse sono i coefficienti delle derivate di f nello sviluppo del differenziale r^{mo} di f stessa; la loro espressione l'abbiamo già trovata nei precedenti paragrafi, ed è

$$\frac{1}{m!} \mathrm{S}_j \sum_i \frac{r!}{i_1! \dots i_m! \; \mu_1! \dots \mu_s!} d^{i_1} x_{j_1} \dots d^{i_m} x_{j_m},$$

in cui il $\sum_i$ si estende a tutti i valori delle i interi positivi maggiori di zero per cui sia

$$i_1 + \cdots + i_m = r$$

e $\mu_1 \dots \mu_s$ indicano in generale quante delle i sono eguali rispettivamente ad $i_1 \dots i_s$ (le sole fra le i che si suppongano fra loro diverse); infine S_j indica la somma dei risultati ottenuti permutando le j in tutti gli $m!$ modi possibili fra loro. In tal modo $m! \, \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m}$ risulta simmetrico nelle j, e viene a rappresentare la somma di tutti i coefficienti dei termini contenenti la derivata

$$\frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_m}}$$

nello sviluppo generale di $d^r f$.

Ma supponiamo che invece di un solo simbolo differenziale d se ne considerino r diversi e si indichino con

$$d_1\,,\, d_2\,, \ldots\, d_r$$

che si applichino successivamente alla f formando

$$d_r\, d_{r-1} \ldots d_2\, d_1\, f$$

invece di $d^r f$.

Come si esprimerà lo sviluppo di questa espressione? Da ogni termine di $d^r f$ come si potrà dedurre ogni termine di essa?

La considerazione di ciò diventerà più facile, senza mutare nella sua sostanza, se invece di immaginare diversi fra loro gli indici j li immaginiamo tutti fra loro eguali e per un momento sopprimiamo gli indici alle x.

Evidentemente in luogo di ogni termine

$$\frac{r!}{i_1! \ldots \mu_1!}\, d^{i_1}x \ldots d^{i_m}x\,, \qquad \left(\sum_{\varrho=1}^{m} i_s = r\right)$$

si otterrà la somma di tutti quelli ricavati nel seguente modo: degli r simboli d fra loro diversi ne scegliamo prima un gruppo di i_1, distribuiamoli cogli indici in ordine decrescente e anteponiamoli alla x; indi i_2 dei restanti e anteponiamoli a x, e così di seguito.

Facciamo in tutti i modi possibili, fra loro diversi, questa distribuzione degli r simboli d; e facciamo la somma di tutti i termini ottenuti; questa somma, composta esattamente di $\dfrac{r!}{i_1! \ldots \mu_1! \ldots}$ termini, starà al posto del suindicato termine, cui si riduce se poi le d diventano tutte eguali. Dopo ciò si comprende come, posto lo sviluppo del differenziale sotto la forma

$$\sum_{m=1}^{r} \sum_{j_1 \ldots j_m} \frac{\partial^m f}{\partial x_{j_1} \ldots \partial x_{j_m}}\, \nabla^{(r)}_{j_1 \ldots j_m}\,,$$

la $\nabla^{(r)}_{j_1 \ldots j_m}$ si formi dalla $\delta^{(r)}_{j_1 \ldots j_m}$ operando su ciascun termine di questo in modo analogo a quel tenuto di sopra.

Così per $r = 2$ è:

$$\nabla^{(2)}_{j} = d_2\, d_1\, x_j \quad , \quad \nabla^{(2)}_{j_1 j_2} = \frac{1}{2}\, \mathrm{S}_j\, d_1 x_{j_1}\, d_2 x_{j_2}\,,$$

e per $r = 3$ è:

$$\nabla^{(3)}_{j} = d_3\, d_2\, d_1\, x_j$$

$$\nabla^{(3)}_{j_1 j_2} = \frac{1}{2}\, \mathrm{S}_j \left[d_2\, d_1\, x_{j_1} \,.\, d_3\, x_{j_2} + d_3\, d_2\, x_{j_1} \,.\, d_1\, x_{j_2} + d_3\, d_1\, x_{j_1} \,.\, d_2\, x_{j_2} \right]$$

$$\nabla^{(3)}_{j_1 j_2 j_3} = \frac{1}{6}\, \mathrm{S}_j\, d_3\, x_{j_1} \,.\, d_2\, x_{j_2} \,.\, d_1\, x_{j_3}\,.$$

Se ora consideriamo insieme alla forma differenziale l'espressione:

$$\sum_{m=1}^{s} \sum_{j} X_{j_1 \dots j_m} \nabla^{(s)}_{j_1 \dots j_m} \qquad (s \leq r),$$

i coefficienti di questa, con una trasformazione di variabili, si trasformano precisamente come i coefficienti della forma, perchè facilmente si vede che sia gli uni che gli altri si trasformano come le derivate parziali di f.

Di qui ne viene che questa espressione, per qualunque $s \leq r$, rappresenta un covariante della forma e similmente saranno covarianti della forma quelle altre espressioni ottenute dall'ultima ora scritta, facendo identici fra loro alcuni dei simboli differenziali d. Se nella forma i coefficienti a $1, 2, \dots \mu - 1$ indici si suppongono zero, il che porta che il sommatorio rispetto ad m nella forma si estenda da μ ad r (specializzazioni che sono di carattere invariantivo, perchè allora il tipo della forma si conserva inalterato colla trasformazione di variabili) anche da μ ad r deve estendersi il sommatorio rispetto ad m nella espressione ultimamente scritta.

Tutte queste espressioni, delle quali le prime sono considerate sul principio di questo paragrafo, le chiameremo, per distinguerle, e per la ragione detta in principio, i *covarianti angolari* della forma differenziale di ordine qualunque, senza naturalmente l'intenzione di dare con ciò ad esse alcun significato geometrico.

§ 27.

Le trasformazioni infinitesime applicate a una forma differenziale di 1º grado e r^{mo} ordine.

Operando la trasformazione infinitesima:

$$\Xi = \sum_{i} \xi_i \frac{\partial}{\partial x_i}$$

sulla $X^{(r)}$, tenendo conto della formola (8) del § 2, e osservando che al solito è identicamente:

$$\sum_{j} \frac{1}{m} S_{j_m} = \sum_{j},$$

si ha

$$\Xi X^{(r)} = \sum_{m=1}^{r} \sum_{j} \sum_{i} \xi_i \frac{\partial X_{j_1 \dots j_m}}{\partial x_i} \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_m} + \tag{116}$$

$$+ \sum_{m=2}^{r} \sum_{j} X_{j_1 \dots j_m} \sum_{\varrho=1}^{r-m+1} \binom{r}{\varrho} d^{\varrho} \xi_{j_m} \delta^{(r-\varrho)}_{j_1 \dots j_{m-1}} + \sum_{j} X_j \, d^r \xi_j .$$

Ordinando rispetto a ϱ, cioè ponendo

$$\sum_{m=2}^{r} \sum_{\varrho=1}^{r-m+1} \equiv \sum_{\varrho=1}^{r-1} \sum_{m=2}^{r-\varrho+1},$$

la prima parte della seconda riga può scriversi

$$\sum_{\varrho=1}^{r-1} \binom{r}{\varrho} \sum_{m=2}^{r-\varrho+1} \sum_{j} X_{j_1 \dots j_{m-1}} \delta^{(r-\varrho)}_{j_1 \dots j_{m-1}} d^\varrho \xi_{j_m}$$

e mutando j_m in i e usando la notazione introdotta alla fine del § 23, possiamo scrivere (aggiungendo anche l'ultimo termine della detta seconda riga)

$$\sum_i \sum_{\varrho=1}^{r} \binom{r}{\varrho} X^{(r-\varrho,0)}_{i,0} d^\varrho \xi_i . \tag{117}$$

Consideriamo ora l'invariante

$$\varLambda = \sum_i \xi_i X_i$$

e i covarianti $C^{(\omega)}$ del § 25, e calcoliamo

$$d^r \varLambda + \sum_{\omega=1}^{r} (-1)^\omega \binom{r}{\omega} d^{r-\omega} C^{(\omega)}$$

che può scriversi anche (essendo $\varLambda \equiv C^{(0)}$)

$$\sum_{\omega=0}^{r} (-1)^\omega \binom{r}{\omega} d^{r-\omega} C^{(\omega)}$$

ovvero anche (per le notazioni della fine del § 23)

$$\sum_i \sum_{\omega=0}^{r} (-1)^\omega \binom{r}{\omega} \sum_{\varrho=0}^{r-\omega} \binom{r-\omega}{\varrho} d^{r-\omega-\varrho} X^{(0,\omega)}_{i,0} d^\varrho \xi_i =$$

$$= \sum_i \sum_{\varrho=0}^{r} \sum_{\omega=0}^{r-\varrho} (-1)^\varrho \binom{r}{\omega} \binom{r-\omega}{\varrho} d^{r-\omega-\varrho} X^{(0,\omega)}_{i,0} .$$

Ma

$$\binom{r}{\omega}\binom{r-\omega}{\varrho} = \binom{r}{\varrho}\binom{r-\varrho}{\omega};$$

onde la precedente espressione può scriversi

$$\sum_i \sum_{\varrho=0}^{r} \binom{r}{\varrho} \left[\sum_{\omega=0}^{r-\varrho} (-1)^{\omega} \binom{r-\varrho}{\omega} d^{r-\omega-\varrho} X_{i,0}^{(0,\omega)} \right] d^{\varrho} \xi_i ,$$

e, per effetto della formola (102) applicata alle formazioni costruite alla fine del § 23, la quantità in parentesi non è altro che $X_{i,0}^{(r-\varrho,0)}$, onde abbiamo infine

$$\sum_i \sum_{\varrho=0}^{r} \binom{r}{\varrho} X_{i,0}^{(r-\varrho,0)} d^{\varrho} \xi_i ,$$

di cui la parte da $\varrho = 1$ ad r equivale alla (117). Onde la (116) diventa

$$\Xi X^{(r)} = \sum_{\omega=0}^{r} (-1)^{\omega} \binom{r}{\omega} d^{r-\omega} C^{(\omega)} +$$

$$+ \sum_i \xi_i \sum_{m=1}^{r} \sum_j \left(\frac{\partial X_{j_1 \dots j_m}}{\partial x_i} - X_{j_1 \dots j_m i} \right) \delta_{j_1 \dots j_m}^{(r)} .$$

L'ultima riga dà luogo ad una $D^{(r)}$ (formola (112)); il termine per $\omega = r$ è $(-1)^r C^{(r)}$, onde, essendo (formola (113))

$$(-1)^r C^{(r)} + D^{(r)} = L^{(r)} ,$$

si ha infine

$$\Xi X^{(r)} = \sum_{\omega=0}^{r-1} (-1)^{\omega} \binom{r}{\omega} d^{r-\omega} C^{(\omega)} + L^{(r)} . \tag{118}$$

Così nel problema che ci occupa si presenta il covariante $L^{(r)}$ che noi abbiamo introdotto nei paragrafi precedenti.

Il sommatorio da $\omega = 1$ ad $\omega = r - 1$ della prima parte del secondo membro (escluso cioè il termine per $\omega = 0$ che è $d^r \varDelta$) è di una costruzione simile a quella della formazione (103), salvochè in luogo degli $X^{(s)}$, vi compaiono i $C^{(\omega)}$ che sono anche delle forme differenziali lineari di ordine ω, ma i cui coefficienti sono

$$C_{g_1 \dots g_q} = \sum_i \xi_i \, ((i \, ; \, g_1 \dots g_q))_X , \tag{119}$$

cioè delle combinazioni dei coefficienti X della forma differenziale data, e dei coefficienti ξ della trasformazione infinitesima. Per quel sommatorio vale perciò il teorema dimostrato nel § 24, e osservando poi che $L^{(r)}$ e $d^r \varDelta$ sono anche espressioni lineari nelle δ, possiamo infine enunciare il teorema importante e fondamentale:

L'applicazione di una trasformazione infinitesima ad una forma differenziale lineare di ordine r, dà luogo ad una forma differenziale anche lineare nei δ, e di ordine r, cioè del medesimo tipo di quella su cui si opera.

Servendosi poi delle (107) possiamo scrivere la (118) come segue:

$$(120) \qquad \begin{aligned} \Xi X^{(r)} &= d^r A + L^{(r)} - V_C^{(r)}, &\quad \text{per } r \text{ dispari} \\ &= d^r A + L^{(r)} - V_C^{(r)} - 2C^{(r)}, &\quad \text{per } r \text{ pari} \end{aligned}$$

intendendo naturalmente che le V, che sono quelle del § 17, non sieno formate direttamente mediante le X, ma mediante le C date da (119), essendo poi queste a loro volta costruite mediante le X; perciò anche la $X^{(\sigma)}$ della formola (107) ha dovuto mutarsi in $C^{(r)}$.

Seguendo la stessa via da noi tracciata, sarebbe agevole estendere questi risultati alle forme differenziali non più lineari ma di grado k; ma ci basti per ora quanto abbiamo esposto.

§ 28.

Trasformazioni infinitesime che appartengono a una forma o a una equazione ai differenziali totali di ordine r.

Diremo che una trasformazione infinitesima Ξ *appartiene* ad una *equazione* $X^{(r)} = 0$, ovvero che *lascia invariata* questa equazione, ovvero che questa *ammette* quella trasformazione infinitesima, quando si ha identicamente

$$(121) \qquad \Xi X^{(r)} = \mu X^{(r)};$$

se poi si ha anche $\mu = 0$, allora diremo che la Ξ *appartiene* anche alla *forma* $X^{(r)}$.

Ricerchiamo le condizioni cui devono soddisfare le ξ perchè questo avvenga.

Combinando le (120) e (121) si ha:

$$(122) \qquad L^{(r)} = \mu X^{(r)} - d^r A + V_C^{(r)} + [1 + (-1)^r]\, C^{(r)}$$

(raccogliendo così i due casi di r pari e di r dispari) e paragonando i coefficienti delle medesime δ al primo e secondo membro si hanno le equazioni:

$$(123) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\sum_i (g_1 \dots g_r\, ; i)\, \xi_i = \mu X_{g_1 \dots g_r} - \frac{\partial^r A}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_r}} + \\ &\qquad\qquad + V_{g_1 \dots g_r (C)} + [1 + (-1)^r]\, C_{g_1 \dots g_r} \\ &\sum_i \{g_1 \dots g_{r-1}\, ; i\}\, \xi_i = \mu X_{g_1 \dots g_{r-1}} - \frac{\partial^{r-1} A}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_{r-1}}} + \\ &\qquad\qquad + V_{g_1 \dots g_{r-1} (C)} + [1 + (-1)^r]\, C_{g_1 \dots g_{r-1}} \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{aligned} \right.$$

in cui al primo membro si alternano i simboli principali di 1ª e quelli di 2ª specie e al secondo membro le V si intendono costruite colle C, donde la ragione del segno C messo fra parentesi accanto ad esse.

A queste equazioni bisogna poi aggregare quelle che dànno le definizioni di $\varDelta$ e delle C i cui valori si immaginano assegnati come quelli delle X, e cioè

$$\sum_i \mathrm{X}_i \xi_i = \varDelta \tag{124}$$

e

$$\sum_i ((i\,;g_1 \dots g_q))\, \xi_i = \mathrm{C}_{g_1 \dots g_q} \qquad (q = 1\,, 2\,, \dots r-1). \tag{125}$$

Si noti che l'indice q deve estendersi appunto, come abbiamo segnato, sino a $r-1$ e non sino ad r, perchè le C con r indici non esistono, dipendendo le C dai simboli in doppia parentesi formati con $r+1$ indici, e questi non esistendo per una forma differenziale di ordine r, e i cui coefficienti perciò hanno al massimo r indici. Nella (122) e nella prima delle (123) sembra che compaiano tali C a r indici, ma queste vi compaiono solo apparentemente, e noi le abbiamo lasciate per non alterare l'uniformità delle formole. In effetti sviluppando il valore di $\mathrm{V}_{g_1 \dots g_r(\mathrm{C})}$ (formola (60)) si riconosce che in esso compare il termine $\mathrm{C}_{g_1 \dots g_r}$ col coefficiente numerico

$$(-1)^{r-1}\binom{r}{1} + (-1)^{r-2}\binom{r}{2} + \cdots + (-1)\binom{r}{r-1} = (-1)^{r-1}\,[1+(-1)^r]\,,$$

e perciò il termine suindicato appare nella prima delle (123) col coefficiente numerico

$$[1+(-1)^{r-1}]\,[1+(-1)^r]$$

che è sempre zero, sia r pari, sia dispari.

Ricordando l'identità:

$$\}g_1 \dots g_q\,;i\{ + 2\,(-1)^q\,((i\,;g_1 \dots g_q)) = (g_1 \dots g_q\,;i)\,,$$

che può anche scriversi:

$$(g_1 \dots g_q\,;i) - 2\,(-1)^q\,((i\,;g_1 \dots g_q)) = \}g_1 \dots g_q\,;i\{\,,$$

sommando o sottraendo alternativamente a ciascuna delle (123), a cominciare dalla seconda, la corrispondente (125) moltiplicata per $2\,(-1)^q$ cioè, in altri termini, sommando a ciascuna delle (123) a cominciare dalla seconda, la corrispondente (125)

moltiplicata per $2(-1)^{r-1}$, al sistema delle (125) può sostituirsi l'altro

$$
(126)\quad \left\{
\begin{aligned}
&\sum_i (g_1 \dots g_{r-1}\,;\, i)\,\xi_i = \mu X_{g_1 \dots g_{r-1}} - \frac{\partial^{r-1} \mathcal{A}}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_{r-1}}} + V_{g_1 \dots g_{r-1}(C)} + \\
&\qquad\qquad + [1 - (-1)^r]\, C_{g_1 \dots g_{r-1}} \\
&\sum_i \{g_1 \dots g_{r-2}\,;\, i\}\,\xi_i = \mu X_{g_1 \dots g_{r-2}} - \frac{\partial^{r-2} \mathcal{A}}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_{r-2}}} + V_{g_1 \dots g_{r-2}(C)} + \\
&\qquad\qquad + [1 - (-1)^r]\, C_{g_1 \dots g_{r-2}} \\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots
\end{aligned}
\right.
$$

nei cui primi membri compaiono, per uno stesso numero di indici, simboli principali di specie opposta alla specie di quelli che compaiono nei primi membri delle (123).

Possiamo dunque conchiudere che *il sistema completo delle equazioni cui devono soddisfare le* ξ *è quello delle* (123), (124), (126), *le quali sono equazioni lineari nelle* $n+1$ *incognite* ξ *e* μ, *la cui matrice dei coefficienti è precisamente quella matrice totale a caratteristica invariante considerata nel* § 20 *e ivi indicata colla lettera* E, *cioè*:

$$
(127)\quad E \equiv \left\|
\begin{matrix}
0 & X_1 & \dots\dots & X_n \\
X_{g_1 \dots g_q}, & (g_1 \dots g_q\,;\,1) & \dots\dots & (g_1 \dots g_q\,;\,n) \\
X_{g_1 \dots g_q}, & \{g_1 \dots g_q\,;\,1\} & \dots\dots & \{g_1 \dots g_q\,;\,n\} \\
\dots & \dots & \dots & \dots \\
X_{g_1 \dots g_r}, & (g_1 \dots g_r\,;\,1) & \dots\dots & (g_1 \dots g_r\,;\,n)
\end{matrix}
\right\|
\begin{matrix}
q = 1, 2, \dots r-1 \\
g_1 \dots g_q = 1, 2, \dots n\,.
\end{matrix}
$$

Immaginiamo moltiplicate le singole linee di E per $\zeta_0 \dots \zeta_{g_1 \dots g_q}, \zeta'_{g_1 \dots g_q}, \dots \zeta_{g_1 \dots g_r}$ (intendendo che le ξ non mutino scambiando fra loro gli indici) sommiamo per colonne e formiamo le $n+1$ equazioni lineari

$$
(128)\quad \left\{
\begin{aligned}
&\sum_{q=1}^{r} \sum_g X_{g_1 \dots g_q}\,\zeta_{g_1 \dots g_q} + \sum_{q=1}^{r-1} \sum_g X_{g_1 \dots g_q}\,\zeta'_{g_1 \dots g_q} = 0 \\
&X_i\,\zeta_0 + \sum_{q=1}^{r} \sum_g (g_1 \dots g_q\,;\,i)\,\zeta_{g_1 \dots g_q} + \sum_{q=1}^{r-1} \sum_g \{g_1 \dots g_q\,;\,i\}\,\zeta'_{g_1 \dots g_q} = 0\,.
\end{aligned}
\right.
$$

Moltiplicando le equazioni (124), (123), (126) ordinatamente, e in modo facile a comprendersi, per le quantità ζ che rappresentino una soluzione del sistema (128), sommando e tenendo conto delle (128) restano eliminate le incognite ζ e μ e si hanno delle condizioni cui devono soddisfare l'invariante $\mathcal{A}$ e i coefficienti dei covarianti C perchè esista una trasformazione infinitesima appartenente alla data equazione differenziale totale.

Si ha:

$$0 = \zeta_0 A - \sum_{q=1}^{r-1} \sum_g (\zeta_{g_1 \dots g_q} + \zeta'_{g_1 \dots g_q}) \frac{\partial^q A}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_q}} - \sum_g \zeta_{g_1 \dots g_r} \frac{\partial^r A}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_r}} +$$

$$(129) \qquad + \sum_{q=2}^{r-1} \sum_g (\zeta_{g_1 \dots g_q} + \zeta'_{g_1 \dots g_q}) \mathrm{V}_{g_1 \dots g_q(\mathrm{C})} + \sum_g \zeta_{g_1 \dots g_r} \mathrm{V}_{g_1 \dots g_r(\mathrm{C})} +$$

$$+ 2 \sum_{q=1}^{\left[\frac{r}{2}\right]} \sum_g (\zeta_{g_1 \dots g_{2q}} \mathrm{C}_{g_1 \dots g_{2q}} + \zeta'_{g_1 \dots g_{2q-1}} \mathrm{C}_{g_1 \dots g_{2q-1}}) ,$$

indicando con $\left[\frac{r}{2}\right]$ il massimo intero contenuto in $\frac{r}{2}$. Variando le ζ in tutti i modi possibili, soddisfacenti però sempre alle (128) si ha un sistema di equazioni a derivate parziali cui devono soddisfare A e le C. D'altra parte se le (129) sono soddisfatte per tutti i sistemi ζ che soddisfano alle (128), i coefficienti di (129) saranno le medesime combinazioni lineari di quelli di egual posto in (128), e quindi, ampliando la matrice E con un'ultima colonna formata coi termini indipendenti da ξ e μ nel sistema delle equazioni (124), (123), (126) (termini che sono precisamente i coefficienti di (129)) gli elementi di tale ultima colonna sono le medesime combinazioni lineari di quelli delle altre colonne, donde risulta che la matrice E, *così ampliata* ha la stessa caratteristica della E, il che, come è noto, basta per concludere che le equazioni (124), (123), (126) ammettono almeno una soluzione comune; dunque:

Condizione necessaria e sufficiente perchè una trasformazione infinitesima Ξ *lasci invariata l'equazione* $\mathrm{X}^{(r)} = 0$ *è che l'invariante* A *e i coefficienti dei covarianti* C *soddisfino al sistema* (129) *di equazioni a derivate parziali, in cui le* ζ *soddisfino alle* (128).

Se in luogo della *equazione* $\mathrm{X}^{(r)} = 0$ si vuol considerare *la forma* $\mathrm{X}^{(r)}$, bisogna porre $\mu = 0$ e quindi la matrice (127) risulta priva della prima colonna, la prima delle equazioni (128) scompare *e le* (129) *devono verificarsi per tutti i sistemi di valori* ζ *soddisfacenti alle sole seconde delle* (128).

Ci importa ora di considerare il caso in cui, oltre che lasciare invariata la $\mathrm{X}^{(r)} = 0$, la Ξ abbia anche zero il covariante $\mathrm{C}^{(r-1)}$, ovvero anche l'invariante A.

Se $\mathrm{C}^{(r-1)} = 0$ saranno zero anche tutte le $\mathrm{C}^{(s)}$ per $s = 1, 2, \dots, r-2$, e perciò la (120) diventa:

$$(130) \qquad \Xi \mathrm{X}^{(r)} = d^r A + \mathrm{L}^{(r)}$$

e la (122) diventa:

$$(131) \qquad \mathrm{L}^{(r)} = \mu \mathrm{X}^{(r)} - d^r A$$

mentre le equazioni a derivate parziali cui deve soddisfare l'invariante $\mathcal{A}$, si riducono a:

$$(132)\quad 0 = \zeta_0 \mathcal{A} - \sum_{q=1}^{r-1} \sum_{g} (\zeta_{g_1 \dots g_q} + \zeta'_{g_1 \dots g_q}) \frac{\partial^q \mathcal{A}}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_q}} - \sum_{g} \zeta_{g_1 \dots g_r} \frac{\partial^r \mathcal{A}}{\partial x_{g_1} \dots \partial x_{g_r}},$$

le ζ dovendo sempre soddisfare a tutte le (128), se deve essere μ diverso da zero. Se poi deve essere $\mu = 0$, cioè se la Ξ deve lasciare invariata non *l'equazione* $X^{(r)} = 0$ ma *la forma* $X^{(r)}$, allora le ζ devono soddisfare alle sole seconde delle (128).

Se $\mathcal{A}$ deve essere costante diverso da zero, bisogna che $\zeta_0 = 0$ sia una conseguenza delle (128); ora, indicando per brevità con $E_{0,1}$ la matrice ottenuta da E sopprimendo la prima colonna, con $E_{1,0}$ quella ottenuta sopprimendo invece la prima linea, e con $E_{1,1}$ quella ottenuta sopprimendo la prima linea e la prima colonna, perchè la equazione $\zeta_0 = 0$ sia una conseguenza di tutte le (128), è necessario e basta che E e $E_{1,0}$ *non* abbiano la stessa caratteristica; e perchè invece $\zeta_0 = 0$ sia una conseguenza delle (128), meno la prima, è necessario e basta che $E_{0,1}$ ed $E_{1,1}$ non abbiano la stessa caratteristica. Onde abbiamo:

Perchè esista una trasformazione infinitesima che lasci invariata l'equazione $X^{(r)} = 0$ (*ovvero la forma* $X^{(r)}$) *e per la quale sia il covariante* $C^{(r-1)} = 0$, *mentre* $\mathcal{A}$ *non sia costante, è necessario e basta che esista una soluzione comune* $\mathcal{A}$ *di tutte le equazioni a derivate parziali* (132), *i cui coefficienti* ζ *rappresentino tutti i possibili sistemi di soluzione delle equazioni lineari* (128) (*ovvero rispettivamente delle* (128) *esclusa la prima*).

Se poi deve essere $C^{(r-1)} = 0$ *e* $\mathcal{A} = \text{cost.}$ *ma diversa da zero, allora per la esistenza della indicata trasformazione, è necessario e basta che* E *ed* $E_{1,0}$ *non abbiano la stessa caratteristica* (*ovvero, nell'altro caso, che non l'abbiano* $E_{0,1}$ *ed* $E_{1,1}$). *Ciò porta intanto che* $E_{1,0}$ (*ovvero* $E_{1,1}$) *sia zero, non potendo* E *avere caratteristica maggiore di* $n+1$ *e quindi dovendo* $E_{1,0}$ *avere al più caratteristica eguale ad* n.

Facilmente possiamo ora stabilire il teorema per il caso in cui sia $C^{(r-1)} = \mathcal{A} = 0$; caso che è specialmente per noi interessante perchè sono le trasformazioni infinitesime a tal caso relative, che si presentano per la soluzione del problema di riduzione di Pfaff. In tal caso le equazioni cui devono soddisfare le $\xi_1, \dots \xi_n$ sono tutte omogenee (formola (126)) e quindi, perchè esista una soluzione delle equazioni (126) è necessario e basta che la matrice E sia zero. Onde:

Condizione necessaria e sufficiente perchè esista una trasformazione infinitesima che lasci invariata l'equazione $X^{(r)} = 0$ *e per cui sieno zero il covariante* $C^{(r-1)}$ *e l'invariante* $\mathcal{A}$ *è che sia zero la matrice* E. *Nel caso in cui invece della equazione* $X^{(r)} = 0$, *si tratti della forma* $X^{(r)}$ (*cioè quando si voglia* $\mu = 0$) *alla matrice* E *bisogna sostituire la matrice* $E_{0,1}$.

Osserviamo che per una trasformazione infinitesima della specie ultimamente indicata, il covariante simultaneo $L^{(r)}$ sarà eguale a $\mu X^{(r)}$, come risulta dalla formola (120).

§ 29.

Le forme differenziali omogenee.
Estensione del cosiddetto teorema di Eulero.

Diremo che $X^{(r)}$ è una forma differenziale di ordine r, *omogenea col grado di omogeneità* g, quando ogni suo coefficiente $X_{j_1 \dots j_s}$ $(s = 1, 2, \dots r)$ è una funzione omogenea di grado $g - s$.

Questa definizione porta immediatamente ad un teorema che è come la estensione, alle forme differenziali, dell'ordinario teorema di Eulero per le funzioni omogenee, e cioè: *il risultato dell'applicazione della trasformazione infinitesima*

$$\Xi = \sum_{i=1}^{n} x_i \frac{\partial}{\partial x_i}$$

a $X^{(r)}$ (*nel senso sviluppato nel* § 27) *è* $gX^{(r)}$.

La dimostrazione di questo teorema è semplicissima. Anche senza servirci della formola (8) del § 2 che dà in generale il risultato dell'applicazione di una trasformazione infinitesima Ξ ad una δ, possiamo trovare il risultato dell'applicazione della speciale Ξ sopraindicata su $\delta^{(r)}_{j_1 \dots j_s}$, osservando che applicando quella Ξ su ogni termine come:

$$d^{i_1} x_{j_1} \dots d^{i_s} x_{j_s},$$

si ha:

$$d^{i_1}(\Xi x_{j_1})\, d^{i_2} x_{j_2} \dots d^{i_s} x_{j_s} + \cdots + d^{i_1} x_{j_1} \dots d^{i_s}(\Xi x_{j_s})$$

ed essendo

$$\Xi x_{j_1} = x_{j_1}, \dots \Xi x_{j_s} = x_{j_s},$$

si ha infine s volte il medesimo termine da cui si è partiti; onde

$$\Xi \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_s} = s \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_s}. \tag{133}$$

Applicando ora Ξ a $X^{(r)}$ si ha:

$$\begin{aligned} \Xi X^{(r)} &= \sum_{s=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_s} (\Xi X_{j_1 \dots j_s})\, \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_s} + \sum_{s=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_s} X_{j_1 \dots j_s}\, \Xi \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_s} \\ &= \sum_{s=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_s} (g - s)\, X_{j_1 \dots j_s} \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_s} + \sum_{s=1}^{r} \sum_{j_1 \dots j_s} s\, X_{j_1 \dots j_s} \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_s} \\ &= gX^{(r)}. \end{aligned} \tag{134}$$

Viceversa sussistendo quest'ultima relazione e sussistendo in ogni caso la (133) si ha la

$$\Xi X_{j_1 \dots j_s} = (g - s) X_{j_1 \dots j_s}$$

cioè la $X^{(r)}$ è omogenea secondo la definizione.

Onde: *condizione necessaria e sufficiente perchè la* $X^{(r)}$ *sia omogenea, è che sussista la* (134) *in cui* g *sia costante.*

Può ora dimostrarsi il seguente teorema:

Se $X^{(r)}$ *è una forma differenziale omogenea da grado* g, *ed è un differenziale* r^{mo} *esatto si ha*:

$$X^{(r)} = \frac{1}{g} d^r A ,$$

essendo A *l'invariante*

$$\sum_{k=1}^{n} x_k X_k .$$

Si ha infatti:

$$\frac{\partial A}{\partial x_j} = \sum_k \frac{\partial X_k}{\partial x_j} x_k + X_j$$

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x_{j_1} \partial x_{j_2}} = \sum_k \frac{\partial^2 X_k}{\partial x_{j_1} \partial x_{j_2}} x_k + \frac{\partial X_{j_2}}{\partial x_{j_1}} + \frac{\partial X_{j_1}}{\partial x_{j_2}} ,$$

e in generale:

$$\frac{\partial^\rho A}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_\rho}} = \sum_k \frac{\partial^\rho X_k}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_\rho}} x_k + S_{j_\rho} \frac{\partial^{\rho-1} X_{j_\rho}}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_{\rho-1}}} ,$$

indicando al solito con S_{j_ρ} l'operazione del sommare i termini ottenuti scambiando j_ρ con $j_1, j_2, \dots j_\rho$.

Di qui si ha:

$$d^r A = \sum_{\rho=1}^{r} \sum_j \left\{ \sum_k \frac{\partial^\rho X_k}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_\rho}} x_k + S_{j_\rho} \frac{\partial^{\rho-1} X_{j_\rho}}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_{\rho-1}}} \right\} \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_\rho} .$$

Ma essendo $X^{(r)}$ un differenziale r^{mo} esatto si ha:

$$X_{j_1 \dots j_s} = \frac{\partial^s f}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_s}} ,$$

onde

$$\frac{\partial^\rho X_k}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_\rho}} = \frac{\partial X_{j_1 \dots j_\rho}}{\partial x_k}$$

$$S_{j_\rho} \frac{\partial^{\rho-1} X_{j_\rho}}{\partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_{\rho-1}}} = \rho X_{j_1 \dots j_\rho} ,$$

ed essendo poi $X^{(r)}$ anche omogenea si ha:

$$\sum_k x_k \frac{\partial X_{j_1 \dots j_\varrho}}{\partial x_k} = (g - \varrho) X_{j_1 \dots j_\varrho} .$$

Onde infine il secondo membro della soprascritta espressione di $d^{(r)} \Delta$ diventa

$$g \sum_{\varrho=1}^{r} \sum_j X_{j_1 \dots j_\varrho} \delta^{(r)}_{j_1 \dots j_\varrho} ,$$

cioè precisamente

$$g X^{(r)}$$

e il teorema è dimostrato.

Ricordando allora quanto abbiamo detto nel § 6 sul valore dell'espressione $\frac{d^r y}{y}$, ponendo $y = \Delta$, si ha che, *se* $X^{(r)}$ *è omogenea ed è differenziale* r^{mo} *esatto, il quoziente*

$$\frac{X^{(r)}}{\Delta}$$

è una forma differenziale ad una sola variabile e con coefficienti costanti eguali fra loro; giacchè quel quoziente sarà allora

$$\frac{1}{g} \frac{d^r \Delta}{\Delta}$$

che per la formola (22) del § 6 è

$$\frac{1}{g} \sum_{m=1}^{r} \delta^{(r)}_{(m)} (\log \Delta) ,$$

essendo le δ formate prendendo per variabile x la quantità $\log \Delta$.

Il teorema dimostrato al principio di questo paragrafo, dice in altri termini che, *quando la* $X^{(r)}$ *è omogenea, l'equazione* $X^{(r)} = 0$ *ammette la trasformazione infinitesima* (v. § 28)

$$\Xi = \sum_k x_k \frac{\partial}{\partial x_k} .$$

Anticipando ora un risultato che sarà trovato nel paragrafo seguente sulla condizione necessaria e sufficiente perchè esista una trasformazione finita per cui la $X^{(r)}$ si possa trasformare, a meno di un fattore, in una contenente una variabile di meno, deduciamo subito che *se* $X^{(r)}$ *è omogenea e sono zero l'invariante* Δ *e il cova-*

riante $C^{(r-1)}$ *di essa e della trasformazione infinitesima speciale* $\sum_k x_k \frac{\partial}{\partial x_k}$, *esisterà sempre una trasformazione di variabili per cui la* $X^{(r)}$ *si riduca, a meno di un fattore, in una contenente una variabile di meno.* Ma di ciò parleremo più avanti. Per $r = 1$ cioè per le ordinarie forme pfaffiane omogenee e delle quali sia zero l'invariante $\varDelta$, il teorema è di facile verificazione.

§ 30.

Il problema di riduzione.
Le trasformazioni che riducono il numero delle variabili nella equazione $X^{(r)} = 0$.

Il problema che ci proponiamo ora e per il quale troveremo con risultato assai semplice ed elegante è il seguente, estensione del noto problema di Pfaff per le forme differenziali ordinarie di 1° ordine:

Trovare le condizioni perchè esistano trasformazioni di variabili per cui la forma $X^{(r)}$ *si riduca a* $\varrho T^{(r)}$, *dove* ϱ *sia un fattore finito e* $T^{(r)}$ *sia una forma differenziale contenente una variabile di meno; indi trovare tutte le trasformazioni di tale natura.*

Sia Ξ una trasformazione infinitesima di quelle considerate nel § 28, cioè di quelle che lasciano invariata la $X^{(r)} = 0$ e per cui sieno zero l'invariante $\varDelta$ e il covariante $C^{(r-1)}$.

Formando l'equazione a derivate parziali lineare omogenea di 1° ordine

$$\Xi f = 0 \tag{135}$$

sieno

$$y_1 = \varphi_1(x), \ldots\ldots y_{n-1} = \varphi_{n-1}(x) \tag{136}$$

i suoi $n-1$ integrali indipendenti e alle (136) aggreghiamo una nuova funzione arbitraria delle x

$$y_n = \varphi_n(x) \tag{137}$$

colla sola condizione che le (136) (137) sieno indipendenti.

Dico che *la trasformazione rappresentata dalle formole* (136) (137) *risolve il problema, e che ogni trasformazione che risolve il problema deve essere di questo tipo.*

Onde riunendo questo risultato con quello del § 28, abbiamo:

Esisteranno o no trasformazioni per le quali l'equazione $X^{(r)} = 0$ *si trasformi in una* $T^{(r)} = 0$ *con una variabile di meno, secondochè la matrice* E *è o no zero, cioè ha o no caratteristica minore di* $n+1$.

La dimostrazione di questo elegante teorema è delle più semplici.

Trasformando la Ξ nelle variabili y, essa si riduce a

$$Y = \eta_n \frac{\partial}{\partial y_n},$$

e se devono essere zero l'invariante Δ e il covariante $C^{(r-1)}$ trasformati, devono aversi le equazioni:

$$(138) \qquad \begin{cases} Y_n = 0 \\ ((n\,;\,j))_Y = 0 \\ ((n\,;\,j_1\,j_2))_Y = 0 \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ ((n\,;\,j_1 \ldots j_{r-1}))_Y = 0 \end{cases}$$

se con Y si rappresentano i coefficienti della forma trasformata.

Dalle (138) si deducono le

$$(139) \qquad Y_n = 0\;,\; Y_{nj} = 0\;,\; Y_{nj_1j_2} = 0\;, \ldots\ldots\; Y_{nj_1\ldots j_{r-1}} = 0\,,$$

cioè la $Y^{(r)}$ non contiene mai la variabile y_n sotto forma differenziale. Dico che inoltre negli altri coefficienti, a meno di un fattore comune che può contenere y_n, tale variabile non è più contenuta. Giacchè dovendo il risultato della Y su $Y^{(r)}$ essere uguale ad un fattore finito σ moltiplicato per $Y^{(r)}$ stesso (proprietà che, essendo di carattere invariantivo, deve naturalmente conservarsi colla trasformazione) deve aversi

$$(140) \qquad \eta_n \frac{\partial Y_{j_1\ldots j_m}}{\partial y_n} = \sigma Y_{j_1\ldots j_m}\,,$$

considerato che, per quanto abbiamo ora detto, la variabile y_n non figura in $Y^{(r)}$ che solo nei coefficienti, e mai sotto forma differenziale.

Ma da (140) si ha (facendo variare m e gli indici j):

$$\frac{\frac{\partial}{\partial y_n} Y_{j_1\ldots j_m}}{Y_{j_1\ldots j_m}} = \frac{\frac{\partial}{\partial y_n} Y_{i_1\ldots i_\nu}}{Y_{i_1\ldots i_\nu}}\,,$$

cioè

$$(141) \qquad \frac{\partial}{\partial y_n} \frac{Y_{j_1\ldots j_m}}{Y_{i_1\ldots i_\nu}} = 0\,,$$

onde risulta che il rapporto di due qualunque coefficienti di $Y^{(r)}$ è indipendente da y_n, e perciò possiamo scrivere

$$(142) \qquad Y^{(r)} = \varrho T^{(r)}\,,$$

essendo $T^{(r)}$ una forma differenziale non contenente y_n.

D'altra parte supponiamo che esista una trasformazione delle x nelle y per cui la $Y^{(r)}$ acquisti la forma (142). Formando la trasformazione infinitesima

$$Y = \eta_n \frac{\partial}{\partial y_n}, \tag{143}$$

e osservando che, essendo soddisfatte le (139), sussisteranno le (138), si riconosce che il covariante $C^{(r-1)}$ e l'invariante Δ sono zero. Inoltre sussistendo (141) sussisterà (140), e quindi la detta trasformazione infinitesima lascia invariata l'equazione $Y^{(r)} = 0$. Essendo invariantive tutte queste proprietà ne risulta che la trasformata nelle x della (143) avrà in rapporto a $X^{(r)}$ le medesime proprietà, e resta quindi dimostrato che ogni trasformazione che risolve il problema corrisponde a una Ξ avente le proprietà indicate. Abbiamo dunque dimostrato che per la riducibilità di $X^{(r)} = 0$ in una equazione $T^{(r)} = 0$ con una variabile di meno, occorre che la matrice E abbia caratteristica minore di $n + 1$.

Riapplicando ora il medesimo teorema alla equazione $T^{(r)} = 0$ possiamo cercare la condizione perchè sia possibile la riduzione di un'altra variabile. Osserviamo che, per un teorema del § 21, differendo la $Y^{(r)}$ da $T^{(r)}$ solo per un fattore, la matrice E relativa a $Y^{(r)}$ ha la stessa caratteristica di quella relativa a $T^{(r)}$; ed essendo poi la E a caratteristica invariante (§ 20), tale caratteristica sarà sempre ν che è la caratteristica della E relativa a $X^{(r)}$.

Onde se è $\nu < n$, osservando che la matrice E relativa a $T^{(r)}$ ha solo n (e non $n + 1$) colonne (perchè manca di quella colonna che corrisponde all'indice n), si deduce che anche la E di $T^{(r)}$ è zero, e quindi su $T^{(r)}$ può operarsi una trasformazione analoga a quella operata su $X^{(r)}$ e ottenere così una equazione $U^{(r)} = 0$ con sole $n - 2$ variabili. Così seguitando abbiamo infine questo semplice risultato come soluzione del problema generale di riduzione:

La possibilità della riduzione della equazione $X^{(r)} = 0$ *in una con un minor numero di variabili, dipende dalla caratteristica della matrice* E *che ha* $n + 1$ *colonne. Se tale caratteristica è* $\nu < n + 1$ *possiamo sempre ridurre di* $n + 1 - \nu$ *unità il numero delle variabili e cioè ridurci a un'equazione con sole* $\nu - 1$ *variabili, e non possiamo fare in alcun modo ulteriore riduzione.*

Possiamo completare queste considerazioni con quelle riguardanti la trasformazione della *forma* $X^{(r)}$ in una contenente una o più variabili di meno; cioè si voglia supporre $\varrho = 1$ nel problema enunciato sul principio di questo paragrafo.

Operando la trasformazione infinitesima

$$Y = \eta_n \frac{\partial}{\partial y_n}$$

su $Y^{(r)} = \varrho T^{(r)}$ si ha

$$\eta_n \frac{\partial \varrho}{\partial y_n} T^{(r)},$$

che, per effetto di (140), deve essere uguale a

$$\sigma Y^{(r)} = \sigma \varrho T^{(r)},$$

cioè deve essere

$$\sigma\varrho = \eta_n \frac{\partial \varrho}{\partial y_n},$$

$$\frac{\partial \log \varrho}{\partial y_n} = \frac{\sigma}{\eta_n}.$$

Per $\varrho = 1$ si ha $\sigma = 0$, cioè la trasformazione infinitesima deve essere di quelle (v. § 28) per le quali (oltre che essere $\Delta = 0$, $C^{(r-1)} = 0$) il risultato della sua applicazione su $X^{(r)}$ sia zero. Allora per quanto si è detto nel § 28, in luogo della matrice E, bisogna introdurre e considerare la matrice $E_{0,1}$ e abbiamo perciò:

La possibilità della trasformazione della forma $X^{(r)}$ *in una con un minor numero di variabili dipende dalla caratteristica della matrice* $E_{0,1}$; *se questa caratteristica è* $\nu < n$, *si potrà sempre ridurre la* $X^{(r)}$ *ad una forma con* ν *variabili, ma non possiamo fare ulteriore riduzione.*

§ 31.

Metodo diretto per la soluzione del problema di riduzione.

È interessante mostrare come può risolversi il problema di riduzione con metodo più diretto, e non fondato sulla considerazione delle trasformazioni infinitesime.

Supponiamo che con una trasformazione delle x nelle y la $X^{(r)}$ si muti in $Y^{(r)} = \varrho T^{(r)}$, dove $T^{(r)}$ non contenga la variabile y_n.

Dovrà aversi:

$$(144) \qquad \left\{ \begin{array}{l} Y_{nj_1 \dots j_s} = 0 \qquad\qquad (s = 0, 1, \dots r-1) \\ \dfrac{\partial}{\partial y_n} \dfrac{Y_{i_1 \dots i_\nu}}{Y_{j_1 \dots j_m}} = 0, \end{array} \right.$$

ovvero:

$$(145) \qquad \begin{array}{c} \dfrac{1}{Y_{i_1 \dots i_\nu}} \dfrac{\partial Y_{i_1 \dots i_\nu}}{\partial y_n} = \dfrac{1}{Y_{j_1 \dots j_m}} \dfrac{\partial Y_{j_1 \dots j_m}}{\partial y_n} = \mu \\ \dfrac{\partial Y_{j_1 \dots j_m}}{\partial y_n} = \mu Y_{j_1 \dots j_m}, \end{array}$$

in cui μ sia una funzione delle x indipendente dagli indici $j_1 \dots j_m$.

Intendiamo ora calcolato il simbolo principale di 1ª specie $(j_1 \dots j_m ; n)$ relativo ad $Y^{(r)}$, e osserviamo che essendo

$$(j_1 \dots j_m ; n) = ((j_1 \dots j_m ; n)) + (-1)^m ((n ; j_1 \dots j_m)),$$

ed essendo, per la prima delle (144) sempre zero il secondo termine del secondo membro, perchè formato con Y di cui uno degli indici è sempre n, ed il primo

termine per effetto della prima delle (144) riducendosi solo a $\frac{\partial Y_{j_1 \dots j_m}}{\partial y_n}$, si ha semplicemente

$$(j_1 \dots j_m \, ; \, n)_Y = \frac{\partial Y_{j_1 \dots j_m}}{\partial y_n} = \mu Y_{j_1 \dots j_m} \, .$$

Sostituiamo ora ad ambo i membri di questa relazione i loro valori dati rispettivamente dalle formole (59) e (33). Si ha:

$$\sum_i \binom{i}{n}_{xy} \sum_h \left[(h_1 \dots h_m \, ; \, i)_X \binom{h_1 \dots h_m}{j_1 \dots j_m}_{xy} + \{ h_1 \dots h_{m-1} \, ; \, i \}_X \binom{h_1 \dots h_{m-1}}{j_1 \dots j_m}_{xy} + \cdots \right]$$

$$= \mu \sum_h \left[X_{h_1 \dots h_m} \binom{h_1 \dots h_m}{j_1 \dots j_m}_{xy} + X_{h_1 \dots h_{m-1}} \binom{h_1 \dots h_{m-1}}{j_1 \dots j_m}_{xy} + \cdots \right],$$

e, dovendo questa relazione sussistere identicamente, saranno eguali, al primo e secondo membro, i coefficienti delle stesse combinazioni di derivate delle x rispetto alle y, cioè delle stesse $\binom{h_1 \dots h_s}{j_1 \dots j_m}_{xy}$; abbiamo perciò le equazioni $\Big($sostituendo a $\binom{i}{n}_{xy}$ il suo valore $\frac{\partial x_i}{\partial y_n}\Big)$:

$$\sum_i (h_1 \dots\dots h_m \, ; \, i) \frac{\partial x_i}{\partial y_n} = \mu X_{h_1 \dots h_m} \, ,$$

$$\sum_i \{ h_1 \dots h_{m-1} \, ; \, i \} \frac{\partial x_i}{\partial y_n} = \mu X_{h_1 \dots h_{m-1}} \, .$$

. . . .

Queste equazioni devono verificarsi per qualunque m da 1 a r; quindi, in conclusione, possiamo dire che le derivate delle x rispetto ad y_n devono soddisfare le equazioni:

$$(146) \quad \begin{cases} \sum_i (h_1 \dots\dots h_m \, ; \, i) \frac{\partial x_i}{\partial y_n} = \mu X_{h_1 \dots h_m} & (m = 1 \, , 2 \, , \dots r) \\ \sum_i \{ h_1 \dots h_{m-1} \, ; \, i \} \frac{\partial x_i}{\partial y_n} = \mu X_{h_1 \dots h_{m-1}} & (m = 1 \, , 2 \, , \dots r - 1) \\ \dots\dots\dots\dots & \end{cases}$$

alle quali bisogna poi aggregare un'ultima che si deduce da quella fra le (144) di cui non abbiamo ancora tenuto conto cioè della $Y_n = 0$; il che dà

$$(147) \qquad \sum_i X_i \frac{\partial x_i}{\partial y_n} = 0 \, .$$

Per la risolubilità del problema deve essere dunque zero la matrice delle equazioni lineari (146) (147), *cioè la matrice* E, *e si ha così il risultato già ottenuto nel paragrafo precedente.*

La anzidetta condizione è anche sufficiente. Infatti, soddisfatta tale condizione, le (146) (147) sono compatibili e può trovarsi almeno un sistema di valori $\xi_1 \dots \xi_n$ per le derivate $\frac{\partial x_i}{\partial y_n}$.

Formiamo l'equazione a derivate parziali:

$$\sum_i \xi_i \frac{\partial f}{\partial x_i} = 0 , \tag{148}$$

che avrà $n-1$ integrali indipendenti

$$y_i = \varphi_i(x) , \qquad (i = 1 , 2 , \dots n-1) \tag{149}$$

e a questi aggreghiamo una n^{ma} funzione

$$y_n = \varphi_n(x) \tag{150}$$

scelta arbitrariamente.

La trasformazione (149) (150) delle x nelle y è tale che le derivate delle x rispetto alla y_n con essa calcolate hanno esattamente i trovati valori, perchè i differenziali delle x ricavati dalle (149) considerandovi le $y_1 \dots y_{n-1}$ come costanti, sono proporzionali, come si sa, a $\xi_1 \dots \xi_n$, e, d'altra parte, considerando le x funzioni delle y, le derivate parziali $\frac{\partial x_i}{\partial y_n}$ sono proprio i rapporti dei differenziali di $x_1 \dots x_n$, presi nell'ipotesi che $y_1 \dots y_{n-1}$ sieno costanti, pel differenziale di y_n, onde tali derivate parziali sono proporzionali alle ξ, e soddisfano perciò alle (146) (147), mutando, al più, se occorre, il valore dell'ultima incognita μ.

Con questa, così trovata, trasformazione delle x nelle y, restano soddisfatte le (144) cioè resta risolto il problema di riduzione. Giacchè dalla (147) si deduce intanto $Y_n = 0$. Inoltre, sottragghiamo le due (146) corrispondenti ai medesimi indici; otteniamo

$$\sum_i ((i \, ; h_1 \dots h_m))_X \frac{\partial x_i}{\partial y_n} = 0 \qquad (m = 1 , 2 , \dots r-1)$$

e moltiplicando poi per

$$\begin{pmatrix} h_1 \dots h_m \\ j_1 \dots j_s \end{pmatrix}_{xy} \qquad (m \leq s \leq r-1) ,$$

e indi sommando da $m = 1$ ad $m = s$ e per tutti i possibili valori delle h, si ha

$$\sum_{m=1}^{s} \sum_i \sum_h ((i \, ; h_1 \dots h_m))_X \frac{\partial x_i}{\partial y_n} \begin{pmatrix} h_1 \dots h_m \\ j_1 \dots j_s \end{pmatrix}_{xy} = 0 ,$$

che, per effetto della formola generale (45) non è altro che

$$((n\,;\,j_1 \dots j_s))_Y = 0 \qquad (s = 1\,,2\,,\dots r-1)\,.$$

Per $s=1$ si ha di qui

$$((n\,;\,j))_Y = 0\,,$$

donde, essendo già $Y_n = 0$, si ha $Y_{nj} = 0$. Per $s=2$ si ha $((n\,;\,j_1\,j_2)) = 0$, donde, essendo già $Y_n = Y_{nj_1} = Y_{nj_2} = 0$ si deduce $Y_{nj_1 j_2} = 0$; e così seguitando si vede che restano soddisfatte tutte le prime delle (144). Soddisfatte queste lo saranno le:

$$(j_1 \dots j_m\,;\,n)_Y = \frac{\partial Y_{j_1 \dots j_m}}{\partial y_n}\,,$$

come si vede sviluppando il primo membro e osservando che tutti gli altri termini dello sviluppo sono zero.

Dalle (146), ricordando la formola di trasformazione del simbolo principale (§ 16) si può facilmente dedurre

$$(j_1 \dots j_m\,;\,n)_Y = \mu Y_{j_1 \dots j_m}\,,$$

che, combinata con la precedente relazione, dà:

$$\frac{\partial Y_{j_1 \dots j_m}}{\partial y_n} = \mu Y_{j_1 \dots j_m}\,,$$

e di qui si deduce la sussistenza della seconda delle (144) e resta così dimostrato che la condizione dell'annullarsi della matrice E è sufficiente per la risolubilità del problema di riduzione propostoci.

Si può aggiungere che ogni soluzione del problema deve essere compresa fra quelle trovate. Poichè, risolto il problema, le derivate $\frac{\partial x_i}{\partial y_n}$ devono soddisfare alle (146) (147), come risulta dalla prima parte della dimostrazione, e cioè devono essere proporzionali alle ξ; cioè i differenziali di $x_1 \dots x_n$, nell'ipotesi di $y_1 \dots y_{n-1}$ costanti, saranno proporzionali alle ξ, e perciò, risolvendo le formole di trasformazione rispetto alle $y_1 \dots y_{n-1}\, y_n$, le $y_1 \dots y_{n-1}$ soddisferanno alla equazione a derivate parziali (148), il che dimostra l'assunto.

§ 32.

Sistemi di equazioni ai differenziali totali di ordine r. Sistema aggiunto.

Dopo aver trattato dei problemi riguardanti una sola forma differenziale passiamo a dare un cenno di quelli riguardanti un sistema.

Sieno date $m (< n)$ forme differenziali di ordine r, ed eguagliandole a zero formiamo il sistema

$$X^{(r)}_{(1)} = 0 \,.\,.\,.\,.\,.\,.\,.\, X^{(r)}_{(m)} = 0 \tag{151}$$

che chiameremo *sistema di equazioni ai differenziali totali di ordine r.* I coefficienti di $X_{(s)}^{(r)}$ li indichiamo con $X_{i_1 \dots i_p(s)}$.

Poniamo che questo sia formato di equazioni *linearmente indipendenti*, cioè che non sia zero la matrice dei coefficienti

$$(152) \qquad \left\| \begin{matrix} X_{1(1)} \dots\dots X_{n(1)} \; X_{11(1)} \dots\dots X_{nn(1)} \dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ X_{1(m)} \dots\dots X_{n(m)} \; X_{11(m)} \dots\dots X_{nn(m)} \dots\dots \end{matrix} \right\| .$$

Formiamo con coefficienti ξ indeterminati la equazione a derivate parziali di ordine r (v. § 22):

$$(153) \qquad \Xi_r f \equiv \sum_{p=1}^{r} \sum_{i} \xi_{i_1 \dots i_p} \frac{\partial^p f}{\partial x_{i_1} \dots \partial x_{i_p}} = 0$$

e determiniamo le incognite ξ colla condizione che gli invarianti simultanei Δ (v. § 22) di ciascuna delle (151) con (153) sia zero, cioè che sia sempre:

$$(154) \qquad \Delta_{(s)} \equiv \sum_{p=1}^{r} \sum_{i} X_{i_1 \dots i_p(s)} \, \xi_{i_1 \dots i_p} = 0 \qquad (s = 1, 2, \dots m).$$

Per le incognite ξ vi saranno esattamente $\nu - m$ sistemi di soluzioni indipendenti, se ν è il numero delle ξ stesse, cioè se ν è

$$(155) \qquad \nu = \binom{n+r}{r} - 1 ,$$

numero che corrisponde al numero dei termini di una forma algebrica di ordine r in $n+1$ variabili, diminuito di 1. La matrice dei sistemi di ξ così ottenuta, cioè

$$(156) \qquad \left\| \begin{matrix} \xi_{1(1)} \dots\dots \xi_{n(1)} & \xi_{11(1)} \dots\dots \xi_{nn(1)} \dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \xi_{1(\nu-m)} \dots\dots \xi_{n(\nu-m)} & \xi_{11(\nu-m)} \dots\dots \xi_{n(\nu-m)} \dots\dots \end{matrix} \right\|$$

è diversa da zero.

Ponendo nelle (153) per le ξ i $\nu - m$ sistemi di valori trovati, si ottengono $\nu - m$ equazioni a derivate parziali lineari omogenee di ordine r

$$(157) \qquad \Xi_{r(1)} f = 0 , \dots\dots \Xi_{r(\nu-m)} f = 0 ,$$

e diremo che tal sistema è *il sistema aggiunto al dato* (151). È evidente che questo sistema *è unito invariantivamente* al dato, perchè sono zero tutti gli *invarianti* Δ

simultanei; per modo che *se un sistema con una trasformazione di variabili si muta in un altro, lo stesso faranno i loro sistemi aggiunti.*

Si può facilmente mostrare che il sistema dato e l'aggiunto si possono porre sotto due forme caratteristiche e simmetriche e cioè eguagliando a zero tutti i determinanti massimi contenuti rispettivamente nelle due matrici, una ottenuta dalla (156) aggregandovi come prima linea quella degli elementi

$$\left\| \delta_1^{(r)} \ldots\ldots \delta_n^{(r)} \, \delta_{1,1}^{(r)} \, \delta_{1,2}^{(r)} \ldots\ldots\ldots \delta_{n,n}^{(r)} \, \delta_{1,1,1}^{(r)} \ldots\ldots\ldots\ldots \right\|,$$

e l'altra ottenuta dalla (152), aggregandovi come prima linea quella degli elementi

$$\left\| \frac{\partial f}{\partial x_1} \ldots\ldots \frac{\partial f}{\partial x_n} \, \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \, \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \, \partial x_2} \ldots\ldots \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \, \frac{\partial^3 f}{\partial x_1^3} \ldots\ldots\ldots \right\|.$$

È evidente anche che, *sostituendo al sistema dato un altro equivalente*, cioè le cui equazioni sieno combinazioni lineari delle antiche, *il sistema aggiunto resta inalterato*, e inoltre *la relazione fra i due sistemi è reciproca*, essendo reciproche le equazioni (154).

Si può anche mostrare, con metodo che abbiamo già altra volta adoperato, e che ora per brevità tralasceremo (v. la mia Memoria negli Annali di Matematica (3), t. VII, pp. 20-21), che, *fra le equazioni del sistema aggiunto vi sono comprese tutte quelle dei sistemi aggiunti di quelli formati da tutti i covarianti evidenti* (v. § 23) *di 1° ordine delle forme date, da tutti quelli di 2° ordine, e così di seguito; ammesso però che questi covarianti evidenti di 1° ordine sieno fra loro linearmente indipendenti, che similmente lo sieno quelli di 2° ordine, ecc.*

I primi membri del sistema aggiunto del sistema dei covarianti evidenti di 1° ordine, formano ciò che diciamo *i simboli delle trasformazioni infinitesime del sistema aggiunto.*

§ 33.

Completa integrabilità dei sistemi di equazioni ai differenziali totali di ordine r.

Diremo che il sistema (151) è *completamente integrabile*, quando esistono m funzioni φ (*indipendenti o no*) tali che ognuna delle $X_{(s)}^{(r)}$ del sistema (151) si possa esprimere come una combinazione lineare dei differenziali r^{mi} delle φ, cioè si abbia

$$(158) \qquad X_{(s)}^{(r)} = \sum_{t=1}^{m} \lambda_{ts} \, d^r \varphi_t \,, \qquad (s = 1\,, 2\,, \ldots m)\,.$$

Supposto naturalmente le $X_{(s)}^{(r)}$ linearmente indipendenti, da queste relazioni si deduce

che *il determinante delle* λ

$$|\lambda_{ts}|$$

deve essere certamente diverso da zero.

Eguagliando i coefficienti dei differenziali r^{mi} delle variabili al primo e secondo membro abbiamo

$$(159)\qquad \begin{cases} X_{1(s)} = \sum_{t=1}^{m} \lambda_{ts} \dfrac{\partial \varphi_t}{\partial x_1} \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ X_{n(s)} = \sum_{t=1}^{m} \lambda_{ts} \dfrac{\partial \varphi_t}{\partial x_n} \end{cases}$$

donde deduciamo che la matrice delle $X_{h(s)} (h = 1, 2, \dots n\ ;\ s = 1, 2, \dots m)$ è eguale al prodotto del determinante delle λ_{ts} per la matrice funzionale delle $\varphi_1 \dots \varphi_m$ rispetto alle $x_1 \dots x_n$:

$$\| X_{h(s)} \| = |\lambda_{ts}| \left\| \frac{\partial \varphi_t}{\partial x_h} \right\| .$$

Se le forme $X_{(s)}^{(r)}$ date sono linearmente indipendenti, senza però che lo sieno i loro covarianti evidenti di 1° ordine, cioè precisamente quelle forme di 1° ordine i cui coefficienti sono le $X_{h(s)}$, essendo allora zero la matrice del primo membro, e diverso da zero il determinante delle λ, sarà zero la matrice funzionale delle φ, cioè *le* φ *non saranno indipendenti.*

Dunque *la definizione della completa integrabilità secondo la formola* (158), *per il caso di* $r > 1$, *cioè per le forme di ordine superiore al primo, non porta con sè la indipendenza delle funzioni* φ.

Tale indipendenza però si deduce se si ammette la indipendenza lineare dei covarianti evidenti di 1° ordine delle forme date.

Onde per le forme di 1° ordine, tale indipendenza è una conseguenza della indipendenza *lineare* delle date forme.

Cosicchè se poniamo come condizione la indipendenza delle φ, veniamo, per $r > 1$, a dare una definizione della completa integrabilità più ristretta di quella che possiamo dare; ci conviene pertanto assumere la definizione più generale.

Formiamo il *sistema aggiunto* al dato, sappiamo che esso conterrà un certo numero di equazioni a derivate parziali di 1° ordine i cui primi membri sono i cosiddetti simboli delle trasformazioni infinitesime del sistema aggiunto (v. § preced.). Tali simboli sono

$$(160)\qquad \Xi_{(q)} f \equiv \sum_{k=1}^{n} \xi_{k(q)} \frac{\partial f}{\partial x_k} ,$$

dove le $\xi_{k(q)}$ rappresentano tutti i sistemi di soluzioni delle equazioni lineari

$$(161) \qquad A_{(s)} \equiv \sum_{k=1}^{n} \xi_k X_{k(s)} = 0 \qquad (s = 1, 2, \dots m).$$

Il sistema delle (160) è, in sostanza, quello dei primi membri delle equazioni del sistema aggiunto al sistema dei covarianti evidenti di 1° ordine. Se poniamo che questi sieno linearmente indipendenti, il numero dei sistemi di ξ è esattamente $n - m$; cioè q può prendere i valori $1, 2, \dots n - m$; in altro caso tal numero è maggiore di $n - m$.

Completando la definizione data nel § 28 diremo che un sistema di equazioni ai differenziali totali di ordine r (151) *ammette una trasformazione infinitesima*, quando l'applicazione (v. § 27) di questa a ciascuna delle $X_{(s)}^{(r)}$ dà per risultato una combinazione lineare delle $X_{(s)}^{(r)}$ stesse.

Il teorema importante che possiamo allora dimostrare è il seguente:

Se il sistema dato (151) *è completamente integrabile, esso ammetterà tutte le trasformazioni infinitesime* (160) *del proprio sistema aggiunto.*

La differenza fra il caso ordinario noto di $r = 1$, cioè il caso delle equazioni pfaffiane e il caso di $r > 1$ è questa: che per $r = 1$ questa condizione non è solo *necessaria* per la completa integrabilità, ma anche *sufficiente*; qui invece essa è *solo necessaria.*

La dimostrazione del teorema è semplice.

In (161) sostituiamo a $X_{k(s)}$ i valori (159); si ha:

$$\sum_{t=1}^{m} \lambda_{ts} \sum_{k=1}^{n} \xi_k \frac{\partial \varphi_t}{\partial x_k} = 0$$

cioè

$$\sum_{t=1}^{m} \lambda_{ts} \, \Xi \varphi_t = 0,$$

donde, essendo diverso da zero il determinante delle λ, si ha

$$\Xi \varphi_t = 0.$$

Intanto da (158) si ha:

$$\Xi X_{(s)}^{(r)} = \sum_{t=1}^{m} \lambda_{ts} \, \Xi \, d^r \varphi_t + \sum_{t=1}^{m} d^r \varphi_t \, \Xi \lambda_{st},$$

e (v. § 2) [1]

$$\Xi\, d^r \varphi_t = d^r\, \Xi\, \varphi_t = 0\,,$$

onde resta:

$$\Xi\, X_{(s)}^{(r)} = \sum_{t=1}^{m} d^r \varphi_t (\Xi\, \lambda_{st})$$

ed essendo, per le formole inverse delle (158), ogni $d^r \varphi_t$ una combinazione lineare delle $X_{(s)}^{(r)}$, si ha che il secondo membro della precedente formola è a sua volta una combinazione lineare delle $X_{(s)}^{(r)}$, e così il teorema è dimostrato.

§ 34.

Riassunto di altre mie ricerche riguardanti le forme differenziali di 2° ordine, e bibliografia di tutta la teoria.

Voglio in quest' ultimo paragrafo riassumere i risultati di altre mie ricerche che si riferiscono in modo speciale alle forme di 2° ordine.

Queste ricerche riguardano:

1) La *completa o parziale integrabilità* dei sistemi di m equazioni ai differenziali totali di 2° ordine, date però sotto la forma speciale che non vi compaiano i differenziali secondi di m delle variabili.

Di ciò trattarono i seguenti miei lavori:

Sur une théorie des systèmes d'équations aux différentielles totales de second ordre (Comptes Rendus de l'Acad. des sciences de Paris, vol. 130, 1900);

Grandlagen für eine Theorie der Systeme totaler Differentialgleichungen 2ter Ordnung (Math. Annalen, t. 54, 1900), cui sono intimamente connessi i seguenti tre altri:

Sulle equazioni ai differenziali totali di ordine qualunque (Rend. Ist. Lombardo (2), t. 33, 1900);

La teoria delle equazioni ai differenziali totali di 3° ordine (Ibid. (2), t. 33, 1900);

Sopra certi sistemi di equazioni a derivate parziali lineari di 2° ordine (Ibid. (2), t. 34, 1901);

i due primi dei quali trattano lo stesso problema, nelle analoghe ipotesi, ma per forme di ordine superiore al secondo.

[1] Questa formola oltrecchè dalla permutabilità dei simboli operativi Ξ e d^r, può ricavarsi dalla formola generale del § 27 (fondata naturalmente anch'essa su tale permutabilità), osservando che se ivi $X^{(r)}$ è $d^r\varphi$, sarà

$$\Xi\, X^{(r)} = d^r A = d^r \sum_{i=1}^{n} \xi_i X_i = d^r \sum_{i=1}^{n} \xi_i \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} = d^r\, \Xi\, \varphi\,.$$

L'ordine di idee che si segue in questi lavori è alquanto diverso da quello che ci ha guidati nello svolgimento di tutta questa Memoria, e si accosta solo alle considerazioni fatte nel § 5; noi tralasceremo di trattarne, rimandando alle Note citate.

2) La *completa integrabilità* dei sistemi di equazioni ai differenziali totali di 2° ordine, ma non del tipo precedente, sibbene del tipo generale, cioè coi differenziali secondi di tutte le variabili.

Di ciò tratta specialmente la Memoria: *Introduzione alla teoria invariantiva delle equazioni di tipo generale ai differenziali totali di 2° ordine* (Ann. di Matem. (3), t. 7, 1901), lo scopo della quale è specialmente quello di estendere nella sua integrità il teorema cui abbiamo accennato nel paragrafo precedente, che cioè come per i sistemi pfaffiani è condizione necessaria e sufficiente per la completa integrabilità, l'invariantività del sistema per tutte le operazioni di 1° ordine (trasformazioni infinitesime) rappresentate dai primi membri delle equazioni del sistema aggiunto, così per i sistemi di 2° ordine è condizione necessaria e sufficiente per la completa integrabilità, l'invariantività per tutte le operazioni di 1° e 2° ordine rappresentate dai primi membri delle equazioni del sistema aggiunto.

Nel paragrafo precedente, di tali operazioni abbiamo considerato solo quelle di 1° ordine, e allora naturalmente l'invariantività delle equazioni rispetto ad esse (il porre cioè che il risultato dell'applicazione di una di esse al primo membro di una delle equazioni date, sia una combinazione lineare delle equazioni del sistema) è condizione solo necessaria, ma non sufficiente, per la completa integrabilità.

L'introduzione delle operazioni di ordine superiore al primo, porta d'altra parte con sè alcune complicazioni.

Si sa inoltre che per le equazioni pfaffiane, se il sistema dato è completamente integrabile, il sistema aggiunto di equazioni a derivate parziali è *completo*, e viceversa, e questo teorema è intimamente legato col precedente.

Ora anche di questo teorema cercai l'estensione per le equazioni di 2° ordine, estendendo in modo opportuno il concetto di *sistema completo* per le equazioni a derivate parziali di 2° ordine.

3) L'equivalenza di due forme differenziali complete di 2° ordine, cioè la ricerca delle condizioni perchè esista una trasformazione dell'una forma nell'altra. Di questo problema mi occupai nella Nota: *Sulla equivalenza di due sistemi di forme differenziali multilineari, e su quella di due forme differenziali complete di 2° ordine* (Rend. Circ. mat. di Palermo, t. 22, 1906) facendo vedere come si può estendere la nota ricerca di Christoffel, e il concetto di *curvatura Riemanniana; per una forma differenziale di 2° ordine si definiscono due curvature; le ordinarie forme differenziali quadratiche a curvatura costante sono forme di 2° ordine di cui la prima curvatura è costante e la seconda è zero.*

4) L'ultimo problema del quale mi sono occupato nella teoria delle forme di 2° ordine, è quello di fissare mediante le caratteristiche di alcune delle matrici a caratteristica invariante, di cui abbiamo trattato in generale nel § 20, le condizioni necessarie e sufficienti perchè la forma sia riducibile a tipi speciali.

Di ciò trattai in due Note: *Sulle matrici a caratteristiche invarianti nella teoria delle forme ai differenziali di 2° ordine* (Rend. Ist. Lomb. (2), t. 35,

1902); *Altre ricerche sulle matrici a caratteristiche invarianti nella teoria delle forme ai differenziali di 2° ordine* (Ibid. (2), t. 36, 1903), e mi limiterò qui ad enunciare i risultati ottenuti.

I. *Condizione necessaria e sufficiente perchè una forma differenziale di second'ordine* $X^{(2)}$ *sia riducibile alla forma*

$$\varrho\, d^2 f \tag{162}$$

(*cioè l'equazione* $X^{(2)} = 0$ *sia completamente integrabile*) *è che sia* 2 *la caratteristica della matrice* (v. § 20)

$$(M)_1 + \{M\}_1 + (M)_2 ,$$

ammenochè però non sieno tutte zero le espressioni (i, j) *formate coi coefficienti della forma* (v. § 16).

Se poi la predetta caratteristica è 1 *la forma è un differenziale secondo esatto e viceversa.*

Questo teorema ne ricorda uno simile per le forme pfaffiane (vedi Ed. v. Weber, *Vorl. über das Pfaff'sche Problem*, etc. Leipzig, 1900, pag. 127).

II. *Una forma differenziale di 2° ordine* $X^{(2)}$ *per cui sieno zero tutte le espressioni* (i, j) *senza però che sieno zero tutti i coefficienti* X_i, *è riducibile alla forma*

$$d^2 f - (d\varphi)^2 , \tag{163}$$

in cui le funzioni f *e* φ *sono indipendenti, se sono rispettivamente* 1 *e* 2 *le caratteristiche delle due matrici*

$$(M)_1$$
$$(M)_1 + \{M\}_1 + (M)_2 .$$

Per la riducibilità alla precedente forma tali condizioni sono anche necessarie.

III. *Una forma* $X^{(2)}$ *di cui sieno zero tutti i coefficienti ad un indice* X_i, *è riducibile alla forma*

$$(\varrho\, d\varphi)^2 , \tag{164}$$

dove ϱ *e* φ *sono due funzioni indipendenti, se è* 2 *la caratteristica della matrice*

$$(M)_1 + \{M\}_1 + (M)_2$$

che in questo caso è la stessa della

$$\{M\}_1 + (M)_2 ;$$

e viceversa, per una forma del precedente tipo sono zero le X_i *ed è* 2 *la detta caratteristica.*

IV. *Quando una forma di 2° ordine* $X^{(2)}$ *è riducibile al tipo*

$$\mu\,[dY^{(1)} + Z^{(1)}Y^{(1)}]\,, \tag{165}$$

dove μ *non è costante, e* $Y^{(1)}, Z^{(1)}$ *sono due forme pfaffiane indipendenti, il covariante*

$$\sum_i \sum_j \{i\,,j\}\,dx_i\,dx_j$$

si scinde nel prodotto di due forme lineari, e la forma differenziale

$$W \equiv \sum_i \frac{\{i\,,i\}}{X_i}\,dx_i$$

è un covariante.

V. *Condizione necessaria e sufficiente perchè una forma differenziale di 2° ordine* $X^{(2)}$ *sia riducibile alla forma* (165) *è che la caratteristica della matrice*

$$M + \{M\}_1\,,$$

sia 2.

VI. *Condizioni necessarie e sufficienti perchè la* $X^{(2)}$ *sia riducibile alla forma*

$$\mu\,[d^2f + Y^{(1)}.\,df]\,, \tag{166}$$

essendo $Y^{(1)}$ *una forma pfaffiana, e* μ *non costante, sono che le caratteristiche delle due matrici*

$$(M)_1$$
$$M + \{M\}_1$$

sieno ambedue eguali a 2.

VII. *Condizioni necessarie e sufficienti perchè la* $X^{(2)}$ *sia riducibile al tipo*

$$d^2f + Y^{(1)}\,df \tag{167}$$

sono che le matrici

$$(M)_1$$
$$M + \{M\}_1$$

abbiano caratteristica 1, *e* 2 *rispettivamente.*

VIII. *Perchè la* $X^{(2)}$ *sia riducibile al tipo*

$$\mu\,dY^{(1)} \tag{168}$$

è necessario e basta che la matrice

$$M + \{M\}_1$$

abbia caratteristica 2 *e la forma pfaffiana* W (v. teor. IV) *sia un differenziale esatto.*

IX. *Se nella rappresentazione* (168) *deve essere* $\mu = 1$, *dovrà essere* W *identicamente zero, e viceversa.*

X. *Perchè* $X^{(2)}$ *sia riducibile al tipo*

$$\mu\, d(\varphi\, df), \tag{169}$$

le due matrici

$$(M)_1$$

$$M + \{M\}_1$$

devono avere caratteristica 2, *e* W *deve essere un differenziale esatto, e reciprocamente.*

Prima di terminare questa Memoria, vogliamo per comodità del lettore, riportare tutta la bibliografia riferentesi a questo argomento, cosa che si presenta tanto più opportuna, perchè durante tutto il corso della Memoria non abbiamo mai fatta alcuna citazione.

Prescindendo da tutti i numerosi studî già fatti da molto tempo sulle equazioni e forme pfaffiane, e pei quali si può con profitto riscontrare il libro di Ed. v. Weber, *Vorles. über das Pfaff'sche Problem*, etc. Leipzig, 1900, una prima semplice considerazione sulle forme differenziali di 2° ordine, ma in un caso particolare fu fatta dal dott. Guldberg, *Sur les équations aux differentielles totales* (Comptes Rendus de l'Acad. des sciences de Paris, 1898, 1° sem.); *Sur la théorie des équations aux differentielles totales de second ordre* (Videnskabs Selskabet, Christiania, 1898).

A questi lavori successero i miei citati nel corso di questo paragrafo, insieme ai seguenti altri:

Un teorema della teoria invariantiva delle espressioni ai differenziali totali di 2° ordine (Rend. Ist. Lomb. (2), t. 34, 1901);

Su di un invariante simultaneo di un'espressione ai differenziali totali di ordine qualunque e di un'altra alle derivate parziali (Ibid., t. 35, 1902);

Sulla teoria invariantiva delle espressioni ai differenziali totali di 2° ordine e su di un'estensione dei simboli di Christoffel (Rend. Accad. Lincei (5), t. 11, 1902, 2° sem.);

Trasformazioni infinitesime e forme ai differenziali di 2° ordine (Ibid.);

Estensione di alcuni teoremi di Frobenius (Rend. Ist. Lomb. (2), t. 35, 1902);

I problemi di riduzione di Pfaff e Jacobi nel caso del second'ordine (Rend. Acc. Lincei (5), t. 12, 1903, 1° sem.);

Introduzione alla teoria delle forme differenziali di ordine qualunque (Ibid.);

Sulla costruzione dei simboli a carattere invariantivo nella teoria delle forme differenziali di ordine qualunque (Ibid.);

Una classe di covarianti simultanei di una forma differenziale di ordine qualunque e di una alle derivate parziali (Ibid.);

Le trasformazioni infinitesime applicate ad una forma differenziale di ordine n (Ibid., 1903, 2° sem.);

Sulle trasformazioni infinitesime che lasciano invariata una forma o un'equazione ai differenziali totali (Ibid.);

La estensione dei problemi di riduzione di Pfaff, Grassmann e Jacobi (Ibid.);

Il secondo dei problemi di riduzione per le forme differenziali di ordine pari (Ibid.);

Il secondo dei problemi di riduzione per le forme differenziali di ordine dispari e ricerche complementari (Ibid.);

I problemi di riduzione per le forme differenziali risoluti con metodo diretto (Ibid.);

Sulle forme differenziali omogenee di ordine superiore (Rend. Ist. Lomb. (2), t. 36, 1903);

Le forme differenziali ad una sola variabile e a coefficienti costanti in relazione alla formola pel differenziale r^{mo} dell'esponenziale (Ibid., t. 37, 1904);

Sui simboli di Riemann nel calcolo differenziale assoluto (Rend. Acc. Lincei (5), t. 15, 1906, 1° sem.);

Sulle matrici formate cogli elementi di un sistema covariante (Atti Ist. Veneto (8), t. 8, parte II, 1905-06);

Sui covarianti angolari di una forma differenziale di ordine superiore (Rend. Acc. Lincei (5), t. 15, 1906, 2° sem.);

Su di una generalizzazione delle forme differenziali e dei sistemi covarianti nel Calcolo differenziale assoluto (Rend. del Circ. matem. di Palermo, t. 23, 1907).

Sugli stessi argomenti e coordinate ai precedenti studî sono poi le Note di Sinigallia, *Sulle equazioni ai differenziali totali di ordine qualunque* (Rend. Ist. Lomb. (2), t. 35, 1902); *Le matrici a caratteristiche invarianti nella teoria delle forme differenziali di ordine qualunque* (Ibid., t. 36, 1903); *Tipi speciali di forme differenziali di ordine qualunque* (Ibid.); *Osservazioni ad un teorema dei professori Pascal e Morera* (Ibid., t. 37, 1904) e una Memoria di Morera, *Sulla integrazione delle equazioni ai differenziali totali del 2° ordine* (Memorie della R. Acc. delle scienze di Torino (2), t. 52, 1902-03).

Osservazioni astronomiche e fisiche sulla topografia e costituzione del pianeta Marte fatte nella Specola Reale in Milano coll' equatoriale Merz-Repsold durante l' opposizione del 1890.

Memoria settima del Socio G. V. SCHIAPARELLI

presentata nella seduta del 16 gennaio 1910

(con cinque tavole)

NOTA PRELIMINARE

954. La descrizione delle apparenze presentate dal pianeta Marte durante l'opposizione del 1890 costituisce l'oggetto di questa settima Memoria, formante serie colle altre pubblicate da me a partire dal 1878 sul medesimo argomento in varî volumi di questi *Atti* (1). Le osservazioni del 1890 ebbero questo di particolare, che dovettero esser fatte mentre il pianeta si trovava nella parte più australe dello zodiaco, ad un'altezza sopra l'orizzonte di Milano poco diversa da 20° ed in nessun caso maggiore di 22°; posizione questa, che nel nostro clima già si deve considerare come poco favorevole allo studio di oggetti così minuti e così difficili, quali sono le macchie e le linee di Marte. Fortunatamente però due circostanze compensarono in qualche modo l'influsso sfavorevole della bassa posizione del pianeta. L'uno fu una tranquillità d'atmosfera abbastanza rara presso di noi a così piccola altezza; pel cui insperato favore in diciassette sere si ebbe un'immagine sufficiente anche per ricerche molto difficili. Fra queste ne furono tre veramente buone e di prima qualità, come si può vedere nella tabella del § 957 qui appresso. L'altra fu il notevole diametro apparente del disco, quale dal 1879 non s'era più avuto così grande. Durante l'intervallo abbracciato dalle osservazioni, che fu dal 3 maggio al 2 agosto, quel diametro non fu mai minore di 13″8, e nei due mesi di maggio e di giugno non fu mai minore di 18″, e in principio di giugno arrivò a 19″3. Grazie a queste circostanze le os-

(1) Memoria I, opposizione 1877, nel vol. II della serie 3ª.

»	II	»	1879	»	X	»	3ª.
»	III	»	1881-82	»	III	»	4ª.
»	IV	»	1884	»	II	»	5ª.
»	V	»	1886	»	II	»	5ª.
»	VI	»	1888	»	III	»	5ª.
»	VII	»	1890	»	VIII	»	5ª.

servazioni del 1890, prese nel loro insieme non furono inferiori, per qualità e copia di particolari, a quelle del 1888, fatte al medesimo istrumento (obbiettivo Merz di 18 pollici par. di apertura). La bassa posizione del pianeta non influì tanto sulla *qualità* delle osservazioni, quanto sulla loro *durata;* ciò per la necessità di limitarsi a quelle ore in cui Marte si trovava molto prossimo alla culminazione. Circa le proprietà dell'istrumento e il modo di adoperarlo ci riferiamo a quanto già fu detto nella Memoria precedente, §§ 791-792 e §§ 795-798.

955. Le circostanze geometriche ed astronomiche in cui furono fatte le osservazioni si possono rilevare dal seguente estratto dall' Effemeride calcolata da Marth per facilitare le osservazioni fisiche del pianeta [1]:

Data 1890		Inclinazione dell'asse	Diametro apparente	$\varkappa$	Declinazione di Marte
Maggio	2	+ 5°,59	16″,08	+ 25°,24	— 22°,71
—	12	+ 6,80	17,53	+ 23,22	— 22,97
—	22	+ 8,52	18,66	+ 13,66	— 23,09
Giugno	1	+ 10,45	19,24	— 42,94	— 23,04
—	11	+ 12,22	19,16	— 31,78	— 22,87
—	21	+ 13,59	18,51	— 29,01	— 22,70
Luglio	1	+ 14,21	17,49	— 27,59	— 22,69
—	11	+ 14,23	16,31	— 26,82	— 22,88
—	21	+ 13,63	15,12	— 26,45	— 23,28
—	31	+ 12,49	14,00	— 26,38	— 23,84

	Emisfero boreale	Emisfero australe
1890, 3 Gennaio	Solstizio estivo	Solstizio invernale
» 3 Luglio	Equin. autunnale	Equin. primavera
» 26 Novembre	Solstizio invernale	Solstizio estivo

1890, 21 Ottobre, Marte perielio.
1890, 27 Maggio, Marte in opposizione.

Tutti questi elementi sono stati calcolati prendendo per base la posizione dell'asse sempre usata fin qui, che risulta dalla combinazione delle osservazioni del 1877 e del 1879 (vedi § 290).

956. La colonna delle inclinazioni dimostra col suo segno positivo, che anche questa volta, come negli anni 1884, 1806, 1888, fu in vista sempre il polo boreale. L'inclinazione, piccola da principio, crebbe assai rapidamente, e raggiunse in luglio un massimo di 14°,2, diminuendo poscia con uguale rapidità. — Dalla colonna intitolata $\varkappa$, che esprime la distanza angolare (contata sul lembo di Marte) fra il polc

(1) *Ephemeris for physical observations of Mars in 1890.* Monthly Notices of the Roy. Astr. Society, vol. L, pp. 127-130.

boreale e il corno più prossimo della fase oscura, si ricava che durante il periodo di apparizione della neve boreale (18 giugno-13 luglio) questa distanza fu negativa, cioè la direzione del polo nord corrispondeva ad una parte del lembo occupata dalla fase oscura. Le osservazioni di posizione di essa macchia furono questa volta omesse, parte per questa ragione, parte perchè la macchia polare durante un certo tempo della sua visibilità fu immersa per una parte sempre maggiore nella notte del pianeta, finchè la sua osservazione divenne dubbiosa, e da ultimo sembrò scomparsa affatto. Le sue misure di posizione sarebbero state in ogni caso di difficile interpretazione anche quando fossero state facili ad eseguire, ciò che mai non fu. Per tal motivo anche questa volta si dovette rinunciare a far determinazioni sulla direzione dell'asse di rotazione.

Con l'opposizione del 1890 si chiude il ciclo di osservazioni sul pianeta Marte da me cominciato nel 1877. Tale ciclo comprende sette opposizioni, le quali presentano tutte le varietà possibili d'inclinazione dell'asse, di diametro apparente, e di declinazione geocentrica; ed hanno avuto luogo in punti dello zodiaco quasi fra loro equidistanti.

CAPITOLO I.

Osservazioni sull'aspetto presentato dalle varie regioni del pianeta durante l'opposizione 1890.

Sezione I.

Generalità.

957. Incomincierò col premettere la consueta tavola delle serate utili, indicante quelle circostanze, da cui la qualità e la quantità delle osservazioni di ciascuna serata principalmente dipende.

Data 1890		Limiti di ω	Diametro appar.	Stato dell'immagine	Disegni fatti
Maggio	3	81°-89	16″,2	IV	
—	16	319-333	18,0	II-III	I
—	22	256-270	18,7	IV	
—	29	184-195	19 1	IV	
—	30	169-178	19,2	III-IV	
—	31	172	19,3	IV	

Data 1890		Limiti di ω	Diametro appar.	Stato dell'immagine	Disegni fatti
Giugno	2	152°-157	19″,3	IV	
—	3	134-144	19,3	III-IV	
—	4	115-130	19,3	III	
—	6	96-125	19,3	III-II	II
—	8	84-90	19,2	IV	
—	9	62-91	19,2	II	III
—	10	52	19,2	IV	
—	14	29-35	19,0	IV	
—	15	5-30	19,0	II-III	IV
—	16	347-365	18,9	II	V
—	18	328-354	18,8	II	VI
—	19	346-358	18,7	III	
—	20	312-355	18,6	II-I	VII
—	22	290-316	18,4	III	
—	23	284-294	18,3	IV	
—	24	272-310	18,2	II	VIII
—	25	263-290	18,1	II-III	IX
—	26	256-294	18,0	I	X
Luglio	1	214-225	17,5	III-IV	
—	4	184-200	17,1	III	
—	5	173	17,0	IV-V	
—	7	154-166	16,8	IV	
—	8	144	16,7	IV	
—	9	134-163	16,5	III-II	XI
—	10	125-145	16,4	III	
—	13	100-110	16,1	IV	
—	14	89-105	15,9	III	
—	15	78-108	15,8	I	XII
—	16	72-97	15,7	II-III	
—	17	62-76	15,6	II-III	
—	19	43-58	15,4	II III	
—	22	15	15,0	IV	
—	23	7-10	14,9	IV	
—	24	357-360	14,8	IV	
—	25	348-360	14,7	III	
—	28	320-335	14,3	III-II	
—	31	290-302	14,0	III-II	
Agosto	1	274-280	13,9	III	
—	2	267-269	13,8	IV	

958. Le giornate veramente distinte per qualità d'immagine non furono che due: 26 giugno e 15 luglio, alle quali si può aggiungere quella del 20 giugno, che fu in parte assai buona. Quattro, contrassegnate col numero II nella quarta colonna della tabella precedente, sono da considerare come favorevoli. Altre dieci segnate come II-III o III-II furono tali, da permettere ad intervalli lo studio di particolari ancora molto difficili. In nessun caso ti trovò opportuno di oltrepassare l'amplificazione di 500, e la maggior parte delle osservazioni è stata fatta coll'oculare 350. Esaminando più minutamente la qualità delle singole giornate, si vedrà che gli istanti favorevoli sono ripartiti con sufficiente uniformità sopra tutte le longitudini del pianeta, ad eccezione di un certo intervallo a destra e a sinistra del 200° meridiano, pel quale non si hanno buone osservazioni che in posizioni oblique. Per tal motivo non è stato possibile ottenere indicazioni di molta precisione sul sistema Propontico, nè sulle regioni che circondano l'Eliso dalla parte orientale, fra questo e il Titano. Sulle osservazioni di quest'anno del resto si può ripetere in generale quanto per le osservazioni del 1888 si è detto nel § 795.

959. Così pure possiamo riferirci alle notizie del 1888 per quanto riguarda il modo di fare i disegni (§ 796-798). Come nel 1888 essi sono stati preparati prima dell'osservazione, scegliendo ad arbitrio un valore conveniente di ω, e segnando preventivamente in ciascuno un certo numero di punti principali di riferimento, che servissero di aiuto a conservare in ogni parte le giuste proporzioni. Anche questi, come quelli del 1888, non potrebbero essere adoperati nè per determinare la rotazione del pianeta, nè per correggere le posizioni areografiche, senza cadere in un circolo vizioso (§ 797). La tabella seguente indica, per ciascuno dei 12 disegni annessi alla presente Memoria. le principali circostanze, che può importar di conoscere:

Numero	Data 1890		ω	Diametro apparente di Marte	Qualità dell'immagine	Amplificazione usata
I	Maggio	16	320°	18″,0	II-III	513
II	Giugno	6	120	19,3	III-II	350
III	—	9	70	19,2	II	513
IV	—	15	0	19,0	II-III	350
V	—	16	340	18,9	II	350
VI	—	18	320	18,8	II	350
VII	—	20	310	18,6	II-I	350, 513
VIII	—	24	280	18,2	II	350, 513
IX	—	25	270	18,1	II-III	350
X	—	26	260	18,0	I	350, 513
XI	Luglio	9	150	16,5	III-II	200, 350
XII	—	15	70	15,8	I	350, 513

Tutti questi disegni si possono considerare come sufficienti, eccettuato l'XI, il quale benchè incompleto e poco soddisfacente è stato accolto nella serie per dare

una rappresentazione anche di quel poco, che con difficoltà si è potuto vedere nella gran regione compresa tra il Fasi ed il Titano. Anche questa volta la brevità del tempo disponibile non ha mai permesso all'osservatore di assicurarsi che un disegno fosse assolutamente completo. Fino ad un certo punto possono considerarsi come tali V, VII, VIII, IX, X e XII. I più deficienti sono II e XI, a cagione principalmente della straordinaria difficoltà di parte delle regioni in essi rappresentate [1].

960. Nel passare in rassegna questi disegni si vedrà subito che le regioni prossime al polo boreale fino al 60° parallelo sono quasi affatto prive di particolari; la neve polare stessa fu per lo più invisibile, e solo dalla metà di giugno alla metà di luglio si potè ogni giorno osservarne qualche traccia, per lo più con poca evidenza. Ciò malgrado ho creduto opportuno di dare anche questa volta una carta dell'emisfero boreale in proiezione polare (Tavola I), per facilitare il confronto interessante delle osservazioni fatte nel 1890 con quelle dell'opposizione antecedente 1888; dove di nuovo si presenterà occasione di mettere in evidenza notevoli analogie accompagnate da diversità altrettanto notevoli. — Nell'opposizione presente 1890 poi è stato possibile studiar di nuovo con qualche esattezza le regioni australi più prossime all'equatore, fra questo e il parallelo 40°; le osservazioni relative a questa parte sono state riassunte in una proiezione di Mercator (Tavola II), analoga a quella pubblicata per l'opposizione 1884; nel quale anno ebbe luogo un'inclinazione dell'asse non molto differente.

961. L'interesse sempre crescente per l'esplorazione di Marte ha fatto sì, che anche questa volta, malgrado la bassa declinazione del pianeta, parecchi osservatori ne fecero studio diligente. Un riassunto dei principali risultati pubblicati ne fu dato da Flammarion e da Stanley Williams [2]; nè occorre rifarlo qui. Utili confronti colle presenti osservazioni sono stati somministrati in maggiore o minore misura da tutti, come si vedrà in seguito dalle citazioni che verrà il destro di fare.

Special menzione meritano tuttavia le osservazioni fatte col gran telescopio californiano dell'osservatorio Lick (il cui obbiettivo misura 91 $^1/_2$ centimentri di diametro) dai professori Holden, Keeler, e Schaeberle. Essi seguirono il pianeta dal principio di aprile al principio di agosto; sventuratamente però non furono molto favoriti

[1] Rispetto ai disegni devo ancora notare, che l'operazione del copiarli in buona forma, e di prepararli definitivamente per la pubblicazione, e di curarne la stampa, questa volta non è stata fatta da me, dalla grave età e dall'offuscarsi della vista, ormai reso incapace di tale difficile lavoro. Dell'averli potuti pubblicare sono debitore all'egregio geometra signor Ilario Sormano di Torino, distinto studioso delle cose celesti ed anzi oggi vice-presidente della *Società Astronomica Italiana;* il quale non solo corresse i difetti dei miei disegni originali secondo le indicazioni scritte nel mio diario in presenza del telescopio durante l'osservazione, ma diede a quei disegni la forma regolare ed a mio parere esatta entro i limiti del possibile, quale si vede riprodotta qui in fine, Tavole III, IV e V. Esprimo qui la mia gratitudine per questa volontaria collaborazione prestata dal Sormano nel puro interesse della scienza; collaborazione tanto utile ed opportuna, quanto generosa. Io ho la convinzione che senza di essa non sarei mai riuscito alla pubblicazione definitiva di questa VII^a Memoria su Marte.

[2] Flammarion, *La Planète Mars*, vol. I, pp. 463-481; St. Williams, *Journal of the British Astron. Association*, vol. I, n. 2.

dal tempo. La stagione buona per le osservazioni non cominciò che colla fine di luglio, quando Marte era troppo distante dalla Terra e troppo basso sull'orizzonte di Sud-Ovest per essere ancora esplorato con potenti amplificazioni. Perciò di questi tentativi non fu pubblicata che una brevissima relazione (¹), nella quale principalmente si insiste sul diverso modo con cui i tre osservatori hanno veduto la stessa cosa nel medesimo telescopio, e quasi si può dire, nel medesimo momento.

Che con sì potente strumento sia stata veduta, malgrado le sfavorevoli circostanze, una parte della rete fitta di linee che avvolge tutto il pianeta, non è da meravigliare; ma essa fu riconosciuta altresì con istrumenti assai minori. Una parte ne potè constatare W. Pickering con un refrattore di 30 $^1/_2$ centimetri dell'Osservatorio Harvard (²); una parte altresì (³) il signor Guillaume in Francia, armato di un riflettore di With di 22 centimetri. — Ma i più notevoli risultati sono stati ottenuti in Inghilterra dal signor Stanley Williams con uno specchio di Calver di 6 $^1/_2$ pollici (175 millimetri) di diametro (⁴). Con questo relativamente piccolo strumento egli ha potuto verificare l'esistenza di 43 linee, e riconoscere alcune delle più facili e più evidenti germinazioni. Del resto in questa opposizione alcune delle linee o *canali* di Marte furono tanto evidenti, da poter esser riconosciute con buoni cannocchiali di 4 pollici (10 centimetri) d'apertura (⁵).

SEZIONE II.

Dalla Gran Sirte all'Indo.

962. Il Golfo Sabeo ed i Corni d'Aryn. — Nell'opposizione del 1890 questa parte del pianeta potè essere abbastanza bene esaminata in tre successive presentazioni, dalla metà di maggio alla fine di luglio. Fra le diverse mutazioni osservate in tale intervallo, notabilissima ed inaspettata fu la trasformazione del Golfo Sabeo in una grande geminazione estesa dal Corno d'Ammone fino al Golfo delle Perle per una lunghezza di 60° e più. Come risulta dal nostro disco I, delineato il 16 maggio con un diametro apparente di 14″0 ed in condizioni non cattive d'immagine (ampli-

(¹) *Publ. of the Astronom. Society of the Pacific*, vol. II, pp. 299-300. Nel medesimo volume pp. 248-249, si dà più speciale notizia di un'apparente prominenza bianca osservata sul terminatore.

(²) *Sidereal Messenger*, 1890, p. 369.

(³) *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*, Tome XX (1890) pp. 583-593 con 25 disegni di Marte.

(⁴) Le osservazioni di Stanley Williams furono pubblicate per estratto dal Dr. Terby *Bull. Acad. de Belgique*, tome XX (1890), pp. 40-43, con 5 disegni. Oltre a questi, io ebbi a mia disposizione altri 9 disegni, di cui lo stesso Williams per sua somma cortesia volle mandarmi copia di sua mano, accompagnandoli con le note prese durante le osservazioni. A questi bei lavori avrò occasione di riferirmi più d'una volta nel corso della presente Memoria.

(⁵) Interessantissime sotto questo riguardo sono le osservazioni fatte a Firenze dal P. Giovannozzi e riferite da Flammarion, *La Planète Mars*, vol. I, pp. 478-479. Il cannocchiale da lui usato è uno dei capolavori di Fraunhofer.

ficazione 513), lo stato delle cose in quella parte non era in quel giorno molto diverso da quello osservato nelle opposizioni anteriori. Il lungo e sottile Golfo Sabeo era terminato nel suo lato inferiore (o boreale) dal così detto *Serpentino*, una lunga, sottile ed oscurissima striscia diversamente incurvata, la quale, partendo dal Corno d'Ammone andava verso ponente formando verso il suo mezzo il Porto Sigeo, e all'altra estremità, dopo girato il promontorio di Edom, si allargava nei due golfi appuntati comprendenti fra loro il vertice d'Aryn (tav. III, disco I, 16 maggio). A questa doppia espansione si connetteva verso destra con striscia oscura, che traversando l'istmo della Terra di Deucalione fino al Golfo delle Perle stabiliva fra esso Golfo e il Corno d'Ammone una linea continua di confine, in cui con netto profilo e con vivo contrasto di colore eran delimitate le aree brillanti di Aeria, di Edom, e della Regione degli Incensi. Invece nel suo lato superiore il Golfo Sabeo si perdeva nella semi-oscurità delle Terre di Xisutro e di Deucalione: queste poi erano entrambe mal terminate, di modo che riusciva impossibile (almeno nelle date condizioni d'immagine) di separare la prima dalla seconda. Nessun indizio si ebbe allora dell'Isola di Iapeto, veduta nel 1882, nè del taglio separante l'isola triangolare Pharos del continente d'Aeria. E l'isola d'Iapeto e quella di Pharos non erano state più vedute dopo il 1882, sebbene nelle seguenti opposizioni 1884, 1886, 1888, le occasioni favorevoli non siano mancate, specialmente nel 1888.

963. Nella seguente presentazione (15-26 giugno) mi fu dato di scrutare questa parte con molta precisione, profittando parecchie volte di quasi tutta la forza dell'obbiettivo di 18 pollici; i risultati si vedono espressi nei dischi IV, V, VI, VII, VIII, rilevati nei giorni 15, 16, 18, 20, 24 giugno. — Il giorno 15 (disco IV) si constatò geminata la parte del Golfo Sabeo compresa fra il Porto Sigeo ed il Corno sinistro contiguo ad Aryn; il profilo del continente di Edom correva dritto quasi secondo il parallelo, ed era abolito intieramente il promontorio di Edom, o piuttosto distaccato dal continente sotto forma di isola oblunga. Nello stesso giorno 15 giugno fu veduto geminato il taglio che divide la Terra di Deucalione dal continente di Thymiamata. Questa seconda geminazione pareva collocata esattamente sul prolungamento dell'altra di fronte a Edom, come se fosse una continuazione di essa attraverso dei due corni che fiancheggiano Aryn. Questi due corni poi formavano una specie di grande lago molto oscuro. il quale colla sua parte superiore pareva invadere alquanto la Terra di Deucalione; lungo il meridiano d'Aryn poi questa terra sembrava traversata da una leggerissima ombra. — Sopra il Porto Sigeo vi era anche una macchia molto oscura, e da essa il Golfo Sabeo si prolungava come forte e larga striscia uniforme rettilinea fino al Corno d'Ammone, il quale era posto a un dipresso sul prolungamento delle geminazioni poc'anzi descritte. — Il giorno seguente 16 giugno (disco V) furono vedute all'incirca le stesse cose; la differenza più notevole fu questa, che il grande lago nero formato dai due corni d'Aryn avanzò verso il Sud il suo profilo convesso, usurpando uno spazio che prima apparteneva alla Terra di Deucalione. Le due geminazioni del giorno 15 si erano fatte anche più evidenti. — Il giorno 17 giugno non si potè osservare. Ma nel gioroo 18 la grande macchia formata dai due corni del Golfo Sabeo intorno ad Aryn era ancora cresciuta di estensione (disco VI); ed occupava, arrotondata superiormente in forma di semicircolo, a danno della Terra di Deucalione

un'area anche maggiore di prima. Le due geminazioni a destra e a sinistra di Aryn erano ugualmente visibili e ben pronunziate. Ma nel tratto compreso fra il Porto Sigeo e la Gran Sirte, la larga striscia oscura dei giorni 15 e 16 si era biforcata e comprendeva fra i due rami una isoletta triangolare, di colore piuttosto fosco, simile al colore della Terra di Deucalione, a danno della quale sembra si fosse principalmente formata. — Il giorno 19 e il giorno 20 le cose stavano come sono rappresentate nel disco VII. La sopra accennata biforcazione era divenuta più divergente, l'isoletta triangolare era cresciuta nella dimensione verticale, e sotto di essa si era formata una terza geminazione, affatto uguale alle due già sopra descritte, e per quanto è stato possibile giudicare, esattamente collocata sul loro prolungamento; la piccola deviazione apparente mi parve dovuta alla prospettiva. Le tre geminazioni insieme prese formavano una grande, unica, ed assai cospicua geminazione, estesa dalla Gran Sirte al Golfo delle Perle, interrotta da due forti macchie nere o laghi, l'uno corrispondente al Porto Sigeo dirimpetto alle foci australi dell'Eufrate e del Phison; l'altra, assai maggiore, corrispondente ai due corni d'Aryn, dirimpetto alle foci australi dell'Hiddekel e del Gehon. Quest'ultima macchia venne progressivamente crescendo, come si può vedere dal confronto dei dischi IV, V, VI, VII; il giorno 20 la sua parte superiore si allungò in punta e spinse una debole ombra a traverso a tutta la Terra di Deucalione (disco VII). Contemporaneamente però la macchia perdette in nerezza nelle parti contigue al vertice d'Aryn, dalla cui punta parve uscire, verso l'alto, un pennacchio di mezza luce; questo, inflettendosi verso sinistra, si prolungava come altre volte (§§ 486 e 855) a ristabilire la Terra di Xisutro nella forma consueta. Ma la separazione fra questa e la Terra di Deucalione non apparve mai completa questa volta. — Del resto, le due linee della tripla geminazione erano entrambe molto oscure, il loro aspetto era di completa precisione geometrica, di uniforme intensità e larghezza; intensità e larghezza che mi parve sempre la medesima in tutti e tre i tratti onde la geminazione era composta. L'intervallo fra le due linee componenti era uguale (per quanto si è potuto giudicare) alla larghezza di ciascuna linea, e di colore biancastro anzi che giallo. Questa larghezza delle linee e dell'intervallo ho stimato che per tutti fosse di 1°,2 del circolo massimo, che sarebbe circa 72 chilometri. — Tutte queste osservazioni sono state fatte colle amplificazioni 350 e 513, essendo il diametro apparente del pianeta compreso fra 18″,0 e 19″,0. — Nella terza presentazione (23-28 luglio) il diametro apparente era già ridotto a 14″ e 15″, e le circostanze atmosferiche furono anche meno buone. Tuttavia nel giorno 25 si potè ancora riconoscere l'esistenza della tripla geminazione qui su descritta; la grossa macchia formata dai due corni Sabei spiccava nera e ben contornata. La troncatura del Corno d'Ammone era ancora perfettamente discernibile il giorno 28 luglio coll'oculare 350.

964. Questa così notabile tripla geminazione si è manifestata in modo completo per la prima volta nell'opposizione del 1890; ma già durante l'opposizione 1881-1882 erano state notate alcune apparenze, che con essa hanno una probabile connessione. La bipartizione della striscia oscura del Golfo Sabeo, operata allora dall'Isola di Iapeto (§ 486) fra il Porto Sigeo e il promontorio di Edom, può considerarsi come un tentativo di geminazione corrispondente alla doppia linea osservata nel 1890 fra il Porto Sigeo e il corno orientale d'Aryn. Soltanto vi è la differenza, che mentre

nel 1881-82 l'isola di Iapeto si arrestava al promontorio di Edom nella longitudine 350°, nel 1890 il promontorio d'Edom era intieramente distaccato dal continente sottostante e figurava come parte della geminazione estesa fra il Porto Sigeo i corni d'Aryn ([1]). — Ancora nella stessa opposizione 1881-82 fu notata la troncatura del Corno di Ammone, per cui veniva separata dal continente d'Aeria l'isoletta Faro (§ 450). Questa si potrebbe considerare come corrispondente ad una analoga troncatura del Corno d'Ammone, che sarebbe prodotta dalla presenza della più orientale fra le tre geminazioni vedute nel 1890. Ma una effettiva identità fra questa troncatura e l'isoletta Faro non si potrebbe ammettere che entro i limiti di una larga tolleranza. Infatti le due troncature del 1882 e del 1890, quantunque entrambe triangolari, non si rassomigliano punto quanto a figura; la base per cui il triangolo si appoggia al continente di Aeria (cioè la linea chiamata *Aegyptus* nella carta del prof. Lowell) nel 1882 faceva col parallelo un angolo di circa 30° (§ 460), mentre l'analoga base formata nel 1890 dalla geminazione più orientale pochissimo si discostava dalla direzione del parallelo, secondo che risulta da attento esame da me fatto di questa circostanza in entrambe le epoche. Non è dunque il caso di ravvisare qui una completa identità di configurazioni topografiche; al più si può concludere, che sebbene questi fenomeni più minuti di Marte siano soggetti a variazione da un'epoca all'altra, pure esiste sotto di essi una causa permanente capace di riprodurre anche a lunghi intervalli di tempo una similitudine generale nelle apparenze.

965. Eufrate, Phison, Tifonio, Oronte. — L'Eufrate fu appena traveduto nella prima presentazione il 16 maggio. Non fu mai molto appariscente neppure nelle presentazioni seguenti; tuttavia in una serie di osservazioni (18-26 giugno) apparve certamente geminato. Nei giorni 25 e 28 luglio questo stato di cose non era cambiato, per quanto le circostanze han permesso di giudicare. Nella maggior parte di queste osservazioni il contrasto del colore col fondo circostante era estremamente debole; le due striscie si distinguevano per una tinta rossa o gialla più carica che quella dei campi attigui. Lo stesso colore fu notato nel vicino Phison, il quale conservava rispetto all'Eufrate la stessa disposizione che negli anni scorsi. Anche esso constava di due strisce parallele di color rossigno, che si manifestarono con sufficiente evidenza nei giorni 18-26 giugno. L'intensità delle due linee componenti il Phison geminato non era uguale in tutta la lunghezza; entrambe sembravano più visibili a partire dall'intersezione coll'Astabora, fino al termine settentrionale nella congiunzione colla Nilosirte. Le osservazioni del 25 e del 28 luglio non mi parvero indicare alcuna mutazione rispetto a quanto si era notato nel giugno. — Il Tifonio fu più traveduto, che realmente osservato, in tutte e tre le presentazioni. La linea

([1]) Del resto, questa troncatura del promontorio di Edom fu più tardi notata dal prof. Lowell non come effetto di geminazione, ma come fenomeno permanente. Nelle sue carte figura sotto il nome di *Daradax* un tratto sottile, che dal Porto Sigeo va a raggiungere il corno orientale d'Aryn, correndo in direzione alquanto inclinata al parallelo. Sotto la medesima forma il Daradax è stato veduto e descritto dal dott. Cerulli nel 1896 e poi anche nel 1899 (*Pubblicazioni di Collurania*, III, pag. 33). Io penso, che l'isola formata dal Daradax e l'isola di Iapeto fossero rappresentate nel 1890 dalla parte luminosa o centrale di una unica geminazione, non senza aver subìto prima importanti modificazioni.

così imperfettamente veduta pareva appartenere alla componente australe della geminazione consueta, ma sempre debolissima. Soltanto il 26 giugno, in condizioni atmosferiche veramente eccezionali, trovo scritto che pareva largo e forse geminato. — Del lago Sirbonide si può dire che mancava intieramente, a meno che se ne volesse ravvisare qualche traccia in una macchietta notata sul corso del Phison (non ancora geminato) il 16 giugno. — L'Oronte fu sempre visibile dal 16 maggio al 28 luglio; la sua geminazione fu notata nei giorni 18, 20, 24 giugno. Il gioroo 18 le sue due intersezioni coll'Eufrate occidentale erano segnate da due punti abbastanza visibili, che forse eran l'espressione geminata di un residuo del lago Sirbonide. Anche nell'Oronte ho notato due volte un colore rosseggiante (16 maggio e 24 giugno). — Nessuna traccia dell'Anubi, nè dell'Asopo, nè dell'Apis.

966. Astusape. — L'Astusape fu sempre veduto con molta facilità per tutta la durata delle osservazioni. Nella seconda metà di giugno si presentò anche piuttosto largo, ed ebbi più volte sospetto che fosse geminato; anzi come tale l'ho delineato il 20 e il 25 giugno (dischi VII e IX). Ma se geminazione vi fu, dovette essere tanto stretta da superare la forza dell'istrumento. Il giorno 26, per uno stato d'atmosfera veramente eccezionale, l'Astusape mi parve assai forte, ma non geminato (vedi disco X). Come nell'opposizione precedente, usciva dalla gran Sirte insieme coll'Astabora, ma dopo breve tratto se ne separava per raggiungere la parte inferiore delle Nilosirte in una foce comune col Phison. La sua uscita dalla Gran Sirte e la sua entrata nella Nilosirte erano segnate da due piccoli golfi assai oscuri. Nella parte inferiore il suo corso era certamente più breve che nel 1888, e non si estendeva, come allora, fino a toccare il Protonilo (§ 820); la sua apparenza era piuttosto simile a quella delineata sulla carta del 1882. Come nel 1882, l'isola di Meroe presentava un profilo piuttosto simmetrico e regolare. Il 16 maggio parve che il suo colore fosse di un giallo più cupo che quello della vicina Aeria. Il 20 giugno la sua punta australe sembrò offuscata da una lieve nube indistinta.

967. Astabora. — L'Astabora non fu veduto tutto intiero che nella presentazione del giugno, dal 18 al 26. La parte di esso compresa fra l'intersezione col Phison e la Gran Sirte è sempre stata più forte e più visibile dell'altra compresa fra il Phison e il Lago Ismenio; anzi quest'ultima parte rimase invisibile fino al 18 giugno. Il 18 giugno fu osservato « tutto l'Astabora, irregolare, non uniforme »; esso fu bene visibile nei giorni 19, 20, 22; nei giorni 24 e 25 era anche geminato. Nella presentazione consecutiva, 19-31 luglio, non è stato più possibile di rivederlo, quantunque ne facessi apposita ricerca.

968. Lago Ismenio. — I fenomeni del Lago Ismenio furono questa volta quasi una ripetizione di quelli osservati nell'opposizione antecedente. Fu sempre molto cospicuo ed oscuro; all'infuori della gran geminazione tripla del Golfo Sabeo nessun altro oggetto di questa regione si manifestava con uguale evidenza. Fino dal 18 giugno si era presentato come una grande macchia oblunga nel senso Est-Ovest, di contorni non molto precisamente delineati. Ma nella buona serata del 18 giugno cominciò l'accenno ad una bipartizione in due macchie rotonde, che diventò chiara e perfetta il giorno 20. L'interstizio fra le medesime parve completamente giallo e libero da ombra. Il diametro della macchia sinistra mi parve un poco minore che quello del-

l'altra; in media delle due l'ho stimato di 3°,5 che sarebbero 210 chilometri. L'intervallo fra i due orli interni delle macchie era forse di 1° o di 60 chilometri. Questo aspetto durava ancora la sera del 24 giugno. Nei giorni seguenti 25 e 26 la visione era troppo obliqua per l'analisi di un così delicato oggetto. Il Lago Ismenio apparve ancora negli ultimi giorni del luglio seguente « come un enorme bozzolo »; ciò indica che anche allora prevaleva la figura bipartita, quantunque nelle date circostanze dell'atmosfera terrestre e del diminuito diametro apparente, la sua immagine non si presentasse più con intiera precisione.

969. Arnon, Aretusa, Eurialo, Callirroe. — Interessanti furono le variazioni d'aspetto subìte durante questa opposizione dall'Arnon, che forma il prolungamento dell'Eufrate fra il Lago Ismenio e il Lago Aretusa. Arnon ed Aretusa furono veduti un po' confusamente il 16 maggio, poi ritrovati il 15 e il 16 giugno assai visibili e larghi, ma non bene terminati. Il giorno 18 Arnon era largo e confuso, Aretusa ben visibile e oblungo come l'Ismenio, benchè di minori dimensioni. Dall'estremo sinistro di esso usciva il Pierio, che andava a connettersi col Piramo, dall'estremo destro il Callirroe e un altro non prima veduto, che sulla carta è distinto col nome di Eurialo; entrambi, Eurialo e Callirroe, andavano verso destra a raggiungere il Mare Acidalio. L'Eurialo fu osservabile solo per pochi giorni (16-20 giugno), mentre il Pierio e Callirroe furono agevolmente visibili fino alla fine di luglio. — Col giorno 20 giugno fu constatata in questa parte una grande e rapida mutazione, di cui le successive fasi stanno qui sotto registrate.

20 giugno. $14^h\ 10^m$. Fra Ismenio e Aretusa vi è ancora la solita ombra oscura dell'Arnon, il quale non oserei dire che sia doppio. — $14^h\ 50^m$. Fatto uno schizzo di questa regione, l'Arnon vi è rappresentato come tratto poco visibile compreso fra l'Ismenio sinistro ed Aretusa. Dall'Ismenio destro parte una nuova linea, detta *Ixion* sulla carta, che va a congiungersi con un punto dell'Eurialo, formandovi un piccolo lago. — $15^h\ 20^m$. Il nuovo lago formato dall'Ixion e dall'Eurialo è divenuto più visibile; Aretusa invece è diminuito, e forma una macchia esattamente uguale al lago nuovo (disco VII). Questi due laghi devono probabilmente considerarsi come il risultato di una geminazione del primitivo lago Aretusa. Ciò è confermato dal fatto, che al vecchio Callirroe, avente sua origine in Aretusa, si è aggiunta ora superiormente una linea ad esso parallela, derivata dal lago nuovo, come il disegno dimostra. Alla geminazione del Lago Aretusa compiutasi nella direzione dell'Eurialo, viene a connettersi la geminazione di Callirroe. Arnon intieramente scomparso.

Sventuratamente nella sera del 21 giugno il tempo fu coperto e nelle sere del 22 e 23 giugno lo stato dell'immagine non fu tale da permettere una continuazione di queste curiose osservazioni, e la descrizione dell'ulteriore svolgimento dei fatti. Nelle sere del 24 giugno e del 25 luglio l'Arnon non fu più veduto. Ma esso era ricomparso la sera del 28 luglio: « pare che vi sia anche il pezzo di Eufrate compreso fra il Lago Ismenio e il Lago Aretusa ». Dato pertanto che le rapide variazioni d'aspetto notate nel giorno 20 giugno siano un fenomeno reale e non dipendano da fluttuazioni nello stato della nostra atmosfera, si dovrebbe concludere che una parte almeno di queste forme più minute osservate in Marte non appartiene stabilmente alla superficie del pianeta, quantunque possa la loro disposizione rinnovarsi anche a lunghi intervalli di tempo (§ 824).

970. Xenio. — Come conseguenza delle cose qui sopra esposte, dobbiamo anche considerare una mutazione avvenuta nel corso dello Xenio. Nella opposizione del 1884

lo Xenio era stato delineato come procedente dal centro del Lago Aretusa al Fonte Dirceo (§ 896). Tale pur apparve in questa opposizione secondo le note e i disegni presi anteriormente al 18 giugno (veggansi i dischi I, IV e V): e fu certamente visibile senza troppa difficoltà fino a quel giorno. Il 18 giugno non fu osservato (disco VI). Esso ricomparve invece il 20, ma in una posizione alquanto diversa, quale è indicata nel disco VII. L'estremità superiore è ancora nel Fonte Dirceo; ma l'inferiore termina in un punto molto più occidentale che prima, al secondo Lago Aretusa, dove pure è l'estremità boreale del nuovo canale Ixione. Quanto tempo abbia durato questa nuova disposizione di cose, è impossibile dire. Nei giorni consecutivi al 20 giugno non si ebbe più modo di esplorar bene questa parte. Nella presentazione consecutiva alla fine di luglio, non si ebbero più immagini sufficienti a decidere di così minuti particolari. La disparizione di Arnon, la bipartizione del Lago Aretusa, i nuovi corsi dell'Eurialo, dell'Ixione e del Callirroe, sono rappresentati nelle carte annesse alla presente Memoria, secondo ciò che si è veduto il 20 giugno.

Si noterà, considerando l'insieme delle notizie ad esso relative, che il sistema Eufratico non ebbe in questa opposizione l'importanza spiegata nelle opposizioni 1886 e 1888. Delle sue parti la principale, cioè l'Eufrate, benchè geminata, non fu molto ben definita; l'Arnon scomparve, almeno per un certo intervallo; il Kison e il Python non furono mai veduti. Non è stato quindi possibile determinare con qualche esattezza la posizione di tutto il sistema rispetto al polo di Marte. Stando ai disegni, la deviazione del corso dell'Eufrate dal meridiano avrebbe dovuto essere nel 1890 almeno altrettanto sensibile che nel 1888. Ma la testimonianza dei disegni non può avere alcun valore in così delicate questioni. Perciò le osservazioni di questa opposizione nulla aggiungono ai risultati dell'opposizione precedente, esposti nei §§ 803-814.

971. Il lungo tratto di strisce oscure costituito dall'insieme Protonilo-Ismenio-Deuteronilo-Dirceo-Oxo-Golfo delle Perle, si è sviluppato questa volta con magnificenza poco minore che nel 1884 (vedi § 606). Il Protonilo, a partire dal 20 giugno apparve diviso in tre sezioni coll'aspetto indicato nei dischi VII, VIII, IX e X. La parte più a destra formava un prolungamento dell'Ismenio orientale, largo forse 3° e completamente nero. La seconda sezione era di ugual larghezza che la prima, ma non tutta nera; il colore oscuro ne prendeva soltanto due sottili linee, superiore ed inferiore, divise da una zona gialla; costituiva una breve, ma bella geminazione, i cui due tratti erano perfettamente uguali fra loro. La zona gialla compresa fra i due tratti poteva avere una larghezza di 1°,5 o 2°. Tale larghezza della zona gialla intermedia continuava nella terza sezione; la quale però a' due lati sopra e sotto era compresa fra due strisce oscure più larghe, prolungate fino in traverso della Nilosirte e della Boreosirte, togliendo la continuità fra le due e formando una specie di ponte distintamente veduto nei giorni 24, 25 e 26 giugno (dischi VIII, IX e X), al quale già più volte si ebbe occasione di alludere descrivendo questa parte nelle Memorie precedenti (§§ 539, 668, 673, 774, 905, 908). L'interruzione in questione è stata pure questa volta osservata e disegnata da Stanley Williams il 21 maggio e il 26 giugno. Nei medesimi giorni Stanley Williams aveva veduto la geminazione del Protonilo; il 26 giugno egli lo presentò come « dark, seen double with perfect

distinctness, the North component seeming to be a little broader and plainer than the South component ».

972. Dal punto in cui la Boreosirte dava origine al tratto inferiore del Protonilo usciva verso il basso il Piramo (di cui si darà la descrizione più tardi) e il Cadmo, imperfettamente veduto nel 1888 (§ 913). Del Cadmo tuttavia non si potè tracciare che la parte australe fino all'intersezione col Pierio, ed anche solamente nei giorni 20-24 giugno (dischi VII ed VIII). — A partire dal punto d'intersezione del Cadmo e del Pierio fu veduta più volte dal 20 al 26 giugno una linea molto distinta dirigersi (press'a poco parallelamente al Piramo) ad un punto del Protonilo distante circa 6° dal centro dell'Ismenio orientale. Questa, che sulla carta è designata col nome di Orione, ha un corso poco diverso da quello seguìto nel 1888 dall'Aroeris, e forse è di esso una semplice variante (vedi § 823); era ancora visibile il 26 e il 28 luglio. — Quanto al Pierio, non sembra che durante questa opposizione abbia subìto grandi mutazioni; non si potè mai riconoscerlo geminato, ma sempre fu visibile con tutta facilità a primo colpo d'occhio. Anche Callirroe fu sempre osservato fino alla fine; già abbiamo descritto la sua fuggevole geminazione del 20 giugno (§ 969) che più non vidi riprodursi. Al di là del Pierio e di Callirroe fino al polo boreale il disco del pianeta fu sempre affatto vuoto di particolari, sebbene il polo boreale fosse omai avanzato di 12° o di 13° entro l'emisfero visibile durante le presentazioni del giugno e del luglio.

973. Hiddekel, Deuteronilo. — L'Hiddekel è stato veduto bene dal principio delle osservazioni sino alla fine (maggio 16-luglio 28). Nei giorni 16 maggio, 20 e 24 giugno vi ho notato un colore rossastro, che nelle linee non geminate (tale è sempre apparso l'Hiddekel in questa opposizione) sembra un'eccezione. Prima della bipartizione dell'Ismenio (20 giugno) l'Hiddekel prendeva sua origine nella parte occidentale di quel lago; dopo la bipartizione dell'Ismenio la sua origine era esattamente nel centro della macchia rotonda che costituiva l'Ismenio occidentale. La sua foce nel primo dei due corni d'Aryn era comune con quella dei due Oronti, precisamente come nelle opposizioni anteriori. — Come continuazione del Protonilo al di là del Lago Ismenio verso occidente, fu sempre veduto con facilità il Deuteronilo, che congiungeva il Lago Ismenio col Fonte Dirceo: nella seconda metà di giugno era tanto largo, da far nascere il sospetto (non però mai perfettamente confermato) di una geminazione (dischi IV e VII). Il prolungamento del Deuteronilo fino al Lago Niliaco, quale è segnato nelle mie carte del 1882, del 1884, e del 1888, non si è potuto questa volta osservare.

974. Fonte Dirceo. Nelle opposizioni precedenti il Fonte Dirceo non era stato mai veduto sotto altra forma, che d'una piccola macchia oscura rotondeggiante, da cui in varie direzioni si diramavano diverse linee o canali. Lo stesso aspetto ebbe nell'opposizione 1890 fino al 19 luglio, nel qual giorno lo trovai sdoppiato in due macchie minori, collocate press'a poco sopra un medesimo meridiano. Erano due piccole e brevi striscie, allungate nella direzione del Giordano, press'a poco da levante a ponente, nel modo che indicano le carte annesse alla presente Memoria. Il giorno 25 luglio, essendo $\omega = 352°$, vidi ancora tutto l'insieme del Dirceo, ma della sua bipartizione non trovo più parola nel mio diario. — Rispetto a ciò che qui si chiama

Fonte Dirceo, è-da notare, che esso è certamente lo stesso, che con tal nome fu designato nelle opposizioni del 1884 e del 1886 (§§ 598, 605, 606, 714). Ma nel render conto dei fenomeni osservati in questa parte durante l'opposizione del 1888 (§§ 827, 828) ho commesso l'errore di dar il nome di Siloe a quello che doveva esser chiamato Dirceo; errore che fu riprodotto nella prima delle carte esplicative annesse alla Memoria VI (¹).

975. Gehon, Giordano. In questa opposizione, come nella precedente, nulla fu veduto della linea bene arcuata, che in tutte le carte delle prime cinque opposizioni figura col nome di Gehon, e partendosi dal Corno destro di Aryn traversa l'Oxo e va al Mare Acidalio. Invece tanto in questa, come nella precedente opposizione furono notati due corsi diritti, congiungenti il Fonte Dirceo col secondo Corno di Aryn da una parte, e col Mare Acidalio dall'altra. Nella Memoria VI, riferentesi all'opposizione 1888, il primo corso è stato designato col nome di Gehon I, l'altro col nome di Gehon II (§ 828). Il Gehon I questa volta fu poco visibile nel maggio e nella prima metà di giugno; ma a partire dal 20 giugno fino alla fine di luglio si mostrò largo e forte. Il 19 luglio esso si arrestava alla più australe delle due macchie onde si componeva allora il geminato Fonte Dirceo (§ 974). — Quanto al corso denominato Gehon II, esso non è da ritenere come essenzialmente diverso da ciò, che nelle osservazioni anteriori al 1888 era stato chiamato Giordano; e con questo nome io continuerò a designarlo. Il Giordano fu visto dal 15 giugno alla fine di luglio. Fu osservato quasi sempre con facilità; nei giorni 15 e 20 giugno era molto largo, da far sospettare una imminente geminazione. Ma questa non si verificò che assai più tardi, ed in modo differente da quanto si sarebbe potuto prevedere. Il 19 luglio era manifestamente doppio, e la sua geminazione era in relazione con quella del Fonte Dirceo. Lo stato di cose allora osservato trovasi indicato nella seconda delle carte annesse alla presente Memoria. Il tratto australe, più sottile, partiva dal più australe dei Fonti Dircei, e in direzione quasi del parallelo andava a sboccare nel Lago Niliaco nell'immediata vicinanza del Ponte d'Achille. Il tratto boreale, molto più largo e visibile, partiva dal più boreale dei Fonti Dircei, e correva anche esso verso il Ponte d'Achille, sboccando però nel Mare Acidalio con una foce immediatamente sotto di esso Ponte. Il Ponte d'Achille (che in quel tempo era benissimo formato e benissimo definito) si trovava dunque colla sua estremità orientale esattamente incuneato tra le foci dei due Giordani, dei quali l'intervallo era uguale alla larghezza del Ponte medesimo, o forse un po' maggiore, ma certo di assai poco. Nessuno dei due tratti rappresentava esattamente l'antico Giordano, ma il tratto inferiore più grosso non ne differiva molto, od almeno poteva considerarsi come una variante di quello. In quel giorno il Giordano era quasi perpendicolare al tratto segnato Gehon I, che andava al secondo Corno d'Aryn, nè vi era alcuna possibilità di ravvisare in questo Gehon il corso curvilineo segnato con questo nome in altre opposizioni, specialmente in quella del 1881-82, anche fatta ragione della non piccola difficoltà di tutte queste osservazioni.

(¹) In conseguenza di questo il lettore è pregato di sostituire il nome *Dirceo* al nome *Siloe* nei §§ 827, 828, come pure nelle tavola I annessa alla Memoria VI. Nella linea 5ª del § 827 si cancellino le parole « ma senza nome ».

976. Oxo. In forma di una forte zona oscura l'Oxo fu sempre un oggetto prominente per tutta la durata delle osservazioni dal 16 maggio al 25 luglio. Insieme col Deuteronilo formava una bella curva (o piuttosto poligono ad angoli molto ottusi) estesa dal Golfo delle Perle al Lago Ismenio. Non fu notato il nodo oscuro, che nel 1884 segnava la sua intersezione col Gehon, e fu chiamato allora Fonte di Siloe. Il 19 luglio l'Oxo era larghissimo, e suggeriva l'idea di una molto probabile geminazione, che però non si ebbe occasione di verificare nei giorni seguenti. L'antico Gehon non fu più veduto, ma solamente ciò che nelle carte del 1888 e del 1890 è segnato col nome di Gehon I. Il prolungamento di questo verso settentrione che nel 1888 era stato scoperto e denominato *Siris*, non fu più veduto nel 1890. — Invece nella buona serata del 15 luglio, entro la zona compresa fra il Gehon I e l'Oxo fu notata l'esistenza di alcune brevi linee, che non fu possibile di verificare più tardi. Queste linee, come oggetti dubbi e bisognosi di conferma, sono state segnate sulla carta come serie di punti: mi sembrò che formassero attraverso all'istmo della Terra di Deucalione una piccola geminazione al di sotto della grande geminazione qui sopra descritta, § 963. Pareva giacere obliquamente nella direzione dell'Idraote, separata però dall'Idraote dalla nera superficie del Golfo delle Perle. — Un po' più in basso delle precedenti, una terza linea traversava la regione compresa fra l'Oxo e il Gehon I, in direzione diversa da quella delle linee poc'anzi descritte. L'ho veduta distintamente nella sera del 19 luglio, ed ho creduto di rivederla anche nel 25 luglio consecutivo. Non credo che alcuna di queste linee possa esser identificata col *Cantabras* osservato da Lowell e da Cerulli.

977. Oltre al color biancastro notato fra le grandi geminazioni del Golfo Sabeo (§ 963), altre tracce di bianco furono notate presso tali geminazioni nella regione di Edom il 15 e il 22 giugno, e il 19 luglio. Altra colorazione bianca apparve sotto il Giordano nella regione Cidonia il 19 giugno e il 19 e il 23 luglio. La sponda d'Aeria verso la Gran Sirte mostrò di solito il suo splendore biancastro, facente con la Sirte stessa il solito vivo contrasto già tante volte descritto nelle Memorie precedenti. In modo speciale fu notato il 26 giugno.

Sezione III.

Dall'Indo al Gange.

978. Indo, Idaspe. L'Indo che nella precedente opposizione era assai diminuito quanto ad intensità di colore, ed aveva perduto quasi ogni connessione visibile col Lago Niliaco (§ 834), nel 1890 si ripresentò tutto intiero col suo solito profilo curvato, e sempre, durante i mesi di maggio, di giugno e di luglio, fu uno dei canali più visibili del pianeta. Il 15 giugno fu stimato uguale in larghezza ed in intensità all'Oxo suo vicino. — L'Idaspe invece, quantunque sempre presente, non fu mai un oggetto facile; da ultimo, il 19 luglio è segnato come « quasi impercettibile ». L'uscita dell'Indo e dell'Idaspe dal Lago Niliaco non fu questa volta contrassegnata da macchie o da note speciali.

979. I a m u n a, I d r a o t e. Questi due corsi, che s'intersecano reciprocamente quasi ad angolo retto, mostrarono vicende alquanto dissimili. — La Iamuna, che il 3 maggio appariva piuttosto larga e diffusa, il 9 giugno fu descritta come « filo tenuissimo », e il 15 luglio fu sospettata di geminazione, ciò che non si confermò nei giorni seguenti 16, 17, 19 luglio. Invece l'Idraote il 3 maggio era largo e diffuso quanto la Iamuna; il 9 giugno fu veduto tutto intiero dal Lago della Luna al Golfo delle Perle, ancora largo e diffuso ed uniforme, con accenno a duplicità. Il 16 luglio era certamente semplice, e si prolungava a destra nel più australe dei due Nili, allora largamente geminati. Il 17 luglio parve che la parte dell'Idraote a destra della sua intersezione colla Iamuna fosse più grossa che il resto a sinistra. Il 19 fui indotto a crederlo strettamente geminato, e a congetturare che questa sua geminazione si prolungasse al di là del Golfo delle Perle nella parte più australe di Thymiamata come indica la carta; questa difficile osservazione però non è stata portata a quel grado di certezza che sarebbe desiderabile. Vedi qui sopra § 976.

980. L a g o d e l l a L u n a, N i l o k e r a s. Il Lago della Luna fin dal principio delle osservazioni (3 maggio) si presentò come una macchia sufficientemente oscura; ma della sua figura e costituzione niente ho saputo notare fino al 9 giugno. Sotto quel giorno, dopo descritta la geminazione del Chrysorrhoas, il diario d'osservazione continua: « Anche il *Lacus Lunae* pare diviso in due, uno per ciascuno dei due Chrysorrhoas, poi è continuato dritto giù nei due Nilokeras ». Il 13 luglio per aria assai cattiva il Lago della Luna è detto largo e forte, la geminazione non si potè constatare in quel giorno; ma a questo si riuscì nei giorni consecutivi 15, 16, 17, 19 luglio, nei quali il lago apparve geminato e diviso in due forti macchie oscure, allungate non più nella direzione del Nilo (come nel 1879 e nel 1882), e non più nella direzione dell'Uranio (come nel 1884), ma nella direzione del Nilokeras; dalle quali macchie uscivano verso il basso i due tratti di esso Nilokeras, evidentissimamente geminato per tutto il tempo che si potè osservarlo, dal 6 giugno al 19 luglio. Il Nilokeras destro, che usciva dal maggiore dei due laghi della Luna, era una delle linee più oscure di Marte; esso andava dritto, non come altre volte, al Lago Niliaco, ma al Mare Acidalio nel punto dove questo tocca l'estremità occidentale (destra) del Ponte d'Achille, come la carta dimostra. Disposizione questa, che almeno in modo dubbio e transitorio, fu notata anche nel 1882 (§ 466). La sua larghezza non era uniforme, ma cresceva regolarmente dall'estremo superiore all'inferiore, nel qual ultimo punto era forse due volte più largo, che nel primo. La sua figura rassomigliava a quella già osservata nel 1886 (vedi § 720). Ma nel 1886 la figura rappresentava *tutto* il Nilokeras, mentre nel 1890 rappresentava soltanto la componente maggiore della sua geminazione. — La componente minore non andava ora all'Acidalio, ma al Lago Niliaco; era simile alla maggiore, ma più stretta e forse anche un po' meno fortemente colorita. Il colore di tutte e due poi era il rosso più cupo che si potesse immaginare. Sotto il 15 luglio trovo scritto nel mio diario: « $\omega = 78.^{\circ}$ Marte bello; coll'oculare 200 già si riconosce il doppio Nilokeras benissimo, pajono due striscie di sangue ». — Il Nilokeras è stato sdoppiato con facilità e con molta esattezza descritto da Stanley Williams nei suoi dischi del 14 maggio e del 12 giugno.

981. Nilo, Ceraunio, Gange, Uranio. Il doppio Nilo, di cui lo stato geminato sembra permanente o quasi permanente, si è mostrato anche questa volta, per lo più pallido, ma tuttavia bastantemente riconoscibile. Anche questa volta dei due tratti, il superiore è quello che si prolunga verso sinistra nell'Idraote. — Il Gange fu sempre visibile per tutta la durata delle osservazioni (3 maggio-19 luglio). In principio parve semplice, qualche volta diffuso. Il 9 giugno cominciò a presentare l'apparenza delle strettissime geminazioni, che non si riesce a risolvere. Ma il 15 luglio la separazione dei due tratti era manifesta, e il tratto destro era più grosso dell'altro. Secondo la stima fatta l'intervallo fra i due non era più di 4°. Le stesse cose furono vedute il 19 luglio. — Circa il Ceraunio nulla di nuovo è stato osservato. Mostrò il consueto aspetto di geminazione larga ed imperfetta, allargantesi alquanto verso l'estremità inferiore sul Mar Boreo. Il colore era il solito rosso sbiadito; esso si rinforzava alquanto nei punti d'intersezione coi due Nili e col Dardano. — L'Uranio fu visto il 4 giugno come geminazione rossiccia, male definita; poi esso scompare così dai disegni, come dalle note del diario; ma di nuovo ricompare nei giorni 15 e 16 luglio come linea semplice ed abbastanza visibile.

982. Dardano, Issedone, Fonte Ideo. Nella regione di Tempe non fu più veduta quella zona bianca obliqua, che tante volte era stata notata negli anni precedenti (§§ 351, 430, 557, 616, 722). Invece ricomparvero il Dardano e l'Issedone, veduti nel 1882 e nel 1884, ma non più rintracciati nel 1886 e nel 1888. — Il Dardano fu veduto la prima volta il 9 giugno, e parecchie volte dopo fino al 17 luglio, senza nessuna difficoltà. Esso faceva due nodi rossi nella sua intersezione col doppio Ceraunio, cosa già notata più volte a partire dal 1882. Un altro nodo molto più oscuro e di figura apparentemente rotonda era formato dalla sua intersezione col Nilokeras destro od occidentale. Anche questo era già stato osservato nel 1882 (§ 466); e poichè sembra una formazione in qualche modo permanente, l'abbiam distinto sulla carta col nome di Fonte Ideo. Del resto il Dardano è uno dei non molti canali di Marte, in cui si è potuto constatare qualche deviazione da un profilo assolutamente regolare. Il 15 luglio è stato designato come « bello, semplice, un po' irregolare; pare una fenditura nel corpo del pianeta ». Era ancor bello e ben visibite durante l'ultima osservazione, che ebbe luogo il 17 luglio. Il 9 giugno esso presentava, rispetto ai corsi circostanti, press'a poco la direzione del parallelo, già notata nel 1882 e nel 1884. — L'Issedone fu veduto il 15 e il 16 luglio; non era difficile, ma soltanto era visibile la sua parte inferiore, compresa fra il Dardano e il Tanai. La parte superiore compresa fra il Dardano e il Lago della Luna rimase occulta, come nel 1882; l'unica osservazione che io ne abbia è quella del 1884 (§ 614).

983. Quella medesima condizione di cose che nell'opposizione 1890 produsse le grandi geminazioni descritte lungo il Golfo Sabeo e a traverso l'istmo della Terra di Deucalione (§§ 962, 963, 964), pare abbia operato con uguale effetto anche a traverso l'istmo della Terra di Pirra, troncando il Capo degli Aromi e sostituendovi una breve ma chiaramente indicata geminazione, quale è indicata sulla prima delle tavole annesse alla presente Memoria. Il tutto fu notato il 17 e il 19 luglio che furono per questa parte del pianeta i due ultimi giorni di osservazione. Ancora il giorno 15 io aveva disegnato (XII) il Capo degli Aromi senza notare nulla d'insolito; su questa

testimonianza negativa tuttavia non mi permetto d'insistere troppo, trattandosi di posizione già molto obliqua e di una località dove nessuna novità era da aspettarsi stando all'esperienza degli anni precedenti. Comunque sia, la geminazione fu veduta e disegnata in uno schizzo parziale il giorno 17, e riconfermata il giorno 19. I due tratti della geminazione erano presso a poco perpendicolari alla bissettrice dell'angolo sporgente formato dal Capo degli Aromi. Essi erano meno distanti fra loro che nelle grandi geminazioni vicine a sinistra; in mezzo vi era uno spazio chiaro, e al di sopra cominciava l'istmo della Terra di Pirra, con ombra di mezza tinta, simile a quanto si era veduto altre volte.

984. In quest'anno non si manifestarono più sull'area di Chryse quelle bianche velature, che tanto spesso si ebbe occasione di notare nelle opposizioni antecedenti. Anzi l'unica nota che trovo riguardante il suo colore è del 3 maggio, nel qual giorno essa sarebbe stata meno chiara che non le regioni contermini a destra ed a sinistra. — Qualche modificazione nel medesimo senso pare avvenuta nella regione di Tempe. Non solo non si vide più la bella striscia bianca obliqua, che già si poteva quasi considerare come propria di questa regione (§ 982), ma la frequente albedine da essa manifestata, si può dire, in tutte le posizioni rispetto al meridiano centrale (§ 837) non è stata notata che una volta il 15 giugno, dove sotto $\omega = 19°$ è notato « Tempe all'orlo destro, piuttosto bianca ».

Sezione IV.

Mari e laghi boreali fra il 20° e il 110° meridiano.

985. L'area compresa in questa sezione si mostrò sempre sotto una notabile obliquità, l'inclinazione dell'asse rotatorio di Marte sul piano perpendicolare alla visuale essendosi sempre aggirata fra 11° e 14° durante le osservazioni, mentre nell'opposizione precedente le migliori delineazioni si ottennero quando tale inclinazione era compresa fra 22° e 25°. Quanto importi questa differenza di undici gradi per lo studio delle regioni vicine al polo artico si può giudicare comparando la carta polare del 1890 (tavola II) con quella del 1888. Tuttavia questa differenza nelle inclinazioni non basterebbe a spiegare la scarsità degli attuali risultati; e bisogna ammettere che la superficie stessa del pianeta offrisse poca presa ad una precisa delineazione. I nostri disegni presenti differiscono assai poco da quelli ottenuti nel 1884; e la descrizione di questi, contenuta nei §§ 617-621 conviene quasi in ogni particolare con ciò che si è potuto vedere nel 1890.

986. Importava più di ogni altra cosa verificare che cosa fosse avvenuto del Ponte d'Achille e del Mare Acidalio così stranamente trasformati nel 1888. Il Ponte era di nuovo pienamente ristabilito; ciò fu constatato già il 9 giugno. Il giorno 15 scrissi: « Ponte d'Achille ben distinto, stupendo, brillante »; il giorno 16: « Ponte d'Achille manifesto quanto mai ». Esso fu veduto ancora il 19 luglio, ultimo giorno delle osservazioni fatte in questa parte. Fu notato che il suo lembo australe verso il Lago Niliaco era alquanto più breve che il lembo settentrionale lungo il Mare

Acidalio: cosa del resto già altre volte verificata. Il Lago Niliaco anche questa volta fu un'ombra leggera terminata con poca precisione da tutte le parti, salvo che sul lato boreale, dove il confine col Ponte d'Achille era, come di solito, bene marcato. Il Golfo o Mare Acidalio era nero e ben terminato lungo la sponda, ma un poco sotto al Ponte si rischiarava alquanto nel mezzo, ciò che faceva sembrare Baltia più lunga del solito. — Sebbene la restituzione del Ponte stabilisse ora una specie di connessione luminosa fra le regioni di Cydonia e di Tempe, pure tale connessione a superficiale esame pareva interrotta all'estremità destra di esso Ponte per l'aggruppamento delle macchie e linee oscure formanti il Dardano, il Fonte Ideo, e il Nilokeras destro.

987. Col ritorno del Ponte d'Achille scomparvero le numerose macchie oscure formate nel 1888 intorno al Lago Niliaco e al Mare Acidalio; l'insieme del Mar Boreo riprese l'aspetto del 1884; così pure la lunga isola Baltia-Nevigos e le due zone oscure al di sopra e al disotto di quella. Il 6 giugno si notò in tale isola un intervallo più scuro formante un principio di separazione fra Baltia e Nevigos, quale si vede anche nella carta del 1884. Il lato del Mar Boreo che fronteggia Ierne e il passaggio detto Ippalo furono di nuovo, come nel 1884, determinati con sufficiente precisione e continuità. Nessuna traccia fu vista nel 1890 del Lago Iperboreo, ed anche obliterata del tutto si trovò la linea, che ne segnava la comunicazione col Mar Boreo. L'estremità destra di questo mare terminava in un'ombra scura e diffusa rappresentante la Palude Meotide; di là usciva verso la Propontide un'ombra lunga e forte, ma male determinata, rappresentante dell'Eurota. — Le regioni comprese fra il Mar Boreo ed il polo erano coperte di una tinta pallida uniforme, entro la quale talvolta (ma non sempre con uguale evidenza) brillava un punto bianco; la neve del polo artico. Non si videro, oltre a questa, altre colorazioni bianche o biancastre nella regione qui considerata.

Sezione V.

Dal Gange al Fasi.

988. Thaumasia. Fenomeni nuovi ed importanti si manifestarono in questa parte del pianeta, e specialmente nella grande ovale di Thaumasia. Questa regione nelle due opposizioni precedenti 1886 e 1888 non si era potuta esplorare che molto imperfettamente, a cagione della troppo grande obliquità sotto cui allora fu veduta. Nel 1890 apparve lievemente cambiata di forma; non era più una ellisse quasi perfetta, ma una ovale alquanto più appuntata nell'abside orientale, che non nell'abside opposto. L'asse di simmetria continuava ad essere, come negli anni anteriori, alquanto inclinato rispetto al parallelo, come un colpo d'occhio sulla carta (tavola I) farà vedere. Notevole fu questa volta il suo colore, più fosco che d'ordinario; una specie di giallo-bruno, il quale due volte fu da me stimato potersi comparare alla buccia di limone disseccata. La maggiore oscurità era manifesta al confronto colle regioni vicine di Ophir, Tharsis, Dedalea, Chryse, ecc. Essa fu notata in entrambe

le presentazioni osservate (giugno 3-15 e luglio 9-19), e nel giorno 16 luglio si mostrò con particolare evidenza.

989. Lago del Sole. Il Lago del Sole occupava in Thaumasia una posizione quasi esattamente centrale; il suo perimetro era formato da un'ovale simile a quella di Thaumasia, e similmente collocata, ma in dimensioni circa tre volte minori. Nelle prime osservazioni (3, 4, 6, 8 giugno) era una forte ed oscura macchia ben terminata di figura ellittica alquanto appuntata nell'apside sinistro. Ma il 9 giugno, essendo l'immagine molto tranquilla, sotto $\omega = 86°$ apparve il Lago del Sole diviso in due parti alquanto disuguali da una bella zona gialla simile al Ponte d'Achille, la quale lo attraversava in direzione press'a poco parallela all'Eosforo, e faciente col meridiano un angolo di circa 50°. La parte sinistra era alquanto minore dell'altra e terminava in una punta, da cui usciva l'emissario segnato sulla carta col nome di Tindaro; così che nel suo insieme, più che un segmento di ellisse, questa parte rassomigliava ad un triangolo. La parte destra del Lago del Sole invece era notabilmente più grande, e la sua forma era quasi di una mezza ellisse. Entrambe le parti erano nerissime, ed il ponte frapposto spiccava in mezzo ad esse con un colore giallo-bruno simile a quello di tutta Thaumasia. Questo stato di cose non era essenzialmente mutato nella presentazione consecutiva; esso era ancora manifesto negli ultimi giorni delle osservazioni fatte su questa parte, 16 e 17 luglio. — La bipartizione del Lago del Sole è un fenomeno che si ripete ad intervalli. Esso fu notato più tardi nel 1899 dal dott. Cerulli nel suo osservatorio di Collurania [1], e nel 1907 fu constatato a Flagstaff dal prof. Lowell, a Barcellona dal sig. Comas Solà e al Revard (presso Aix di Savoja) dal sig. Jarry Desloges [2].

990. Emissari del Lago del Sole. Dei tre emissari del Lago del Sole notati nelle opposizioni precedenti, Nettare, Ambrosia, ed Eosforo, soltanto quest'ultimo si è potuto vedere ed anche per lo più non senza qualche sforzo di attenzione, la prima volta il 6 di giugno, l'ultima il 16 di luglio. Era una linea tenue, che usciva dal segmento occidentale del Lago del Sole, dirigendosi al Lago della Fenice, e dopo la geminazione di questo, al più australe dei due laghi minori, in cui il Lago della Fenice si era risoluto. — Oltre all'Eosforo, quattro emissari non prima veduti congiungevano il Lago del Sole col perimetro ovale di Thaumasia. L'uno, partendo dal segmento occidentale del Lago, andava al Golfo Aonio, facendo col meridiano un angolo di forse 45°. Fu veduto la prima volta il 3 giugno, l'ultima il 10 di luglio; il 15 luglio fu cercato invano. Io credo che questo canale sia identico al *Bathys* di Lowell, e con questo nome l'ho segnato sulla carta. — Due altri canali diretti verso settentrione uscivano l'uno dal segmento destro, l'altro dal segmento sinistro del Lago del Sole, e divergendo alquanto andavano ad imboccare le due sezioni in cui era diviso il Lago Titonio nel modo che i disegni dimostrano. Essi sono

[1] *Pubbl. dell'Osserv. di Collurania*, III, pp 46-47.

[2] Delle osservazioni di P. Lowell sono informato per cortese comunicazione privata dell'autore. Le osservazioni di Comas Solà si trovano nelle Memorie dell'Accademia di Scienze ed Arti di Barcellona, serie III, vol. VI, n. 27. Quelle di Jarry Desloges nel primo volume delle sue *Observations sur les surfaces planétaires*, Paris, 1908 (osservazioni dal 12 luglio al 18 di agosto 1907, pp. 6-24).

stati veduti la prima volta il 6 di giugno, l'ultima il 16 di luglio, sempre molto distintamente; quello di destra, detto Calydon, alquanto più forte dell'altro denominato Geryon. Questi due corsi, sebbene non paralleli fra loro, stanno probabilmente in relazione colle geminazioni contigue del Lago del Sole e del Lago Titonio e del Chrysorrhoas. — Resta a dire del quinto emissario, distinto sulla carta col nome di Tindaro, che si dirigeva dall'abside sinistra del Lago del Sole al Golfo dell'Aurora, seguendo una linea leggermente inclinata al parallelo. Fu sempre visibile con tutta facilità dal 6 di giugno al 19 di luglio. Sempre fu largo e nero, di gran lunga il più evidente di tutti, e tagliava trasversalmente l'Aurea Cherso. Potrebbe anche considerarsi come una variante dell'antico Nettare; ma le direzioni sembrano troppo differenti, e i luoghi di sbocco nel Golfo dell'Aurora sembrano troppo distanti.

991. Aurea Cherso. Questa piccola ma curiosa formazione presentò un aspetto un po' diverso da quello che era stato osservato nel 1884 e negli anni antecedenti. Nella prima presentazione non fu possibile distinguerla altrimenti che come uno spazio meno oscuro nel Golfo dell'Aurora. Invece nelle migliori osservazioni della seconda presentazione, che ebbero luogo il 15 e il 17 luglio, fu veduta come una striscia molto più chiara che il Golfo dell'Aurora, separata da Thaumasia per uno stretto canale diritto e scuro, e limitata verso il Golfo dell'Aurora da un contorno nero, regolare, e press'a poco parallelo al canale suddetto. Il 17 luglio, mentre la Iamuna passava pel centro del disco, vidi che il prolungamento di essa verso Sud si continuava parallelamente nell'asse dell'Aurea Cherso. Era dunque adesso l'Aurea Cherso alquanto inclinata rispetto al meridiano, qualche cosa come 15°; mentre nelle opposizioni anteriori il suo asse sembrava per lo più diretto secondo il meridiano. Anche non era appuntata come per lo passato; anzi la sua larghezza parve quasi uniforme. Da Ophir era separata per la foce dell'Agatodemone nel Golfo dell'Aurora; inoltre poco sotto il suo mezzo era interrotta dall'analoga foce del Tindaro. Tutto l'insieme aveva dunque l'aspetto di due isolette a forma di parallelogramma, circondate da tratti oscuri, in modo da formare una geminazione imperfetta, eccetto che nell'estremità superiore, la quale si perdeva per gradi nell'oscurità grigia del Mare Australe. Veggasi il disco XII.

992. Agatodemone, Chrysorrhoas, Lago Titonio, Fortuna. L'Agatodemone fu sempre veduto con facilità, sebbene non dappertutto delineato con piena precisione. Nel luogo d'incontro coi due tratti del Chrysorrhoas geminato formava due grosse e forti macchie nebulose assai oscure al centro, le quali rappresentavano questa volta la geminazione del Lago Titonio. Da queste procedevano, con intervallo alquanto minore, due zone nebulose larghe e sfumate ai lati, che costituivano la molto visibile, benchè non perfettamente definita, geminazione del Chrysorrhoas. I due Chrysorrhoas parevano due strisce di nebbia rosseggiante; essi facevano comunicare le due parti del Titonio geminato colle due parti del Lago della Luna parimente geminato. Così le sei geminazioni: Lago del Sole, Calydon-Geryon, Laghi Titonii, Chrysorrhoas, Lago della Luna, Nilokeras, formavano un sistema continuato ed in qualche modo anche simmetrico, forse non dovuto intieramente a combinazioni accidentali. — Dal Lago Titonio occidentale nei giorni 14 e 15 luglio parve dipartirsi il canale della

Fortuna a raggiungere il Lago Ascreo; era all'ultimo limite delle cose visibili. — Dell'Iride non si ebbe che qualche incerto indizio, nei giorni 3 e 4 di giugno.

993. Fasi, Golfo Aonio, Lago della Fenice. Il corso del Fasi è stato veduto sempre come linea sottile e come limite dell'ovale di Thaumasia. Il 6 di giugno ho creduto di scorgere in esso un colore rosseggiante, che gli era comune coll'Arasse vicino. — Niente di speciale è stato osservato nel Golfo Aonio, del quale fu più volte disegnato il consueto profilo, per quanto lo permetteva il forte scorcio e la prossimità del lembo superiore. — Il Lago della Fenice nella prima presentazione (3-9 giugno) appariva come una piccola macchia più o meno evidente. Nella presentazione successiva (15-16 luglio) le macchie eran due, alle quali, come più sotto si dirà, faceva capo la geminazione dell'Eumenide (disco XII). La macchia superiore comunicava coll'Eosforo sottilissimo ed appena visibile. Ambedue le macchie poi erano attraversate dal corso del Fasi, che in quel punto avea la direzione da Nord-Est a Sud-Ovest.

994. Di colorazioni bianche questa regione non mostrò esempio che in Ophir ed in Tharsis. Il 9 giugno si vide imbiancata la parte australe di Ophir presso l'Agatodemone. La stessa cosa fu osservata il giorno 15 consecutivo. Tharsis poi apparve imbiancata al lembo sinistro nei giorni 9 e 10 luglio. Nel giorno 9 sotto $\omega = 145^\circ$ era affatto bianca. Nel giorno 10 sotto $\omega = 125^\circ$ era bianca, ma non d'un bianco molto vivo.

Sezione VI.

Mare Eritreo.

995. Nelle sezioni precedenti è già stata descritta la serie di geminazioni apparse lungo la riva settentrionale del Mare Eritreo, formanti una corona continua lungo il Grande Diaframma dal Corno d'Ammone alla punta dell'Aurea Cherso. Nulla di simile era stato da me osservato nelle opposizioni antecedenti. Contemporaneamente nelle lunghe strisce che solcano quel mare a guisa di pennacchi si produssero alcune notevoli modificazioni d'aspetto. La Terra di Deucalione nel principio delle osservazioni (disco I) mostrava il suo solito aspetto, ed appariva, come molte altre volte, congiunta con la Terra di Xisutro. Un mese dopo (15-24 giugno) essa aveva perduto la forma solita di pennacchio, ed appariva come un'area di tinta media quasi uniforme, limitata superiormente da una curva ellittica, la quale si terminava da un lato al Corno d'Ammone, dall'altra al Golfo delle Perle. Il limite così formato non era di tutta precisione, ma alquanto sfumato. Nella presentazione consecutiva (23-28 luglio) perdurava il medesimo aspetto. Tutto l'insieme della regione figurava come un gran segmento d'ellisse, la cui base era formata da tre geminazioni allineate approssimativamente una dietro l'altra. Però questa base, a partir dal 16 giugno, era interrotta da una forte macchia nera dov'è il Porto Sigeo, e dall'altra anche più forte entro e sopra i due Corni di Aryn. E già abbiamo riferito (§ 963) come quest'ultima, estendendosi sempre più verso mezzodì, finisse per scavare a danno della Terra di Deucalione un golfo sempre più profondo (dischi V e VI), dal quale

emergeva finalmente (19-20 giugno) un'ombra leggera a tagliare in traverso tutta la regione, presso a poco lungo il meridiano d'Aryn (disco VII). Contemporaneamente usciva dalla punta o vertice di Aryn un piccolo e sottile pennacchio chiaro, che curvandosi verso sinistra raggiungeva la zona altre volte occupata dalla Terra di Xisutro; anzi si può dire che era la Terra di Xisutro rinnovata, benchè riunita a quella di Deucalione nella parte più orientale. Il colore era in entrambe queste terre il medesimo; sul quale trovo nel Diario le seguenti annotazioni:

Maggio 16, $\omega = 323°$. Terra di Deucalione quasi chiara come Aeria. — *Giugno* 12, $\omega = 30°$. Terra di Deucalione luminosa, coperta però di forte ombra sull'istmo con cui si attacca a Thymiamata. — *Giugno* 15, $\omega = 6°$. Forse un po' cinerea. — *Giugno* 16, $\omega = 352°$. Attraversata da una ombra leggera dirimpetto ad Aryn; colore fuliginoso molto diverso da quello di Aeria. — 19 *giugno*, $\omega = 349°$. Invasa per disotto dalla gran macchia formata dai Corni d'Aryn. — *Giugno* 20, $\omega = 330°$. Colore giallo-bruno. — *Luglio* 25, $\omega = 352°$. Giallo-fuliginosa; pare rappresenti un tratto di terra e non un tratto di mare. — *Luglio* 26, $\omega = 329°$. Come ieri, forse un poco più oscura.

996. Nulla si è veduto quest'anno della Terra di Proteo, e poco della Terra di Pirra. Quest'ultima il 14 giugno fu giudicata più pallida che la Terra di Deucalione. Il giorno 15 mostrò un'anomalia non prima osservata, e di cui si può aver un'idea considerando il disco IV. Essa pareva curvarsi più sensibilmente di contro al Golfo delle Perle, in modo da attaccarsi col suo lato sinistro al lato destro della Terra di Deucalione; così che il Golfo delle Perle sembrava dalla Terra di Pirra intieramente chiuso nella parte superiore, e sarebbe diventato un vero lago, se la Terra di Pirra fosse stata più lucente e più gialla.

997. Argyre I e II, Noachide. Riferisco qui, come per le opposizioni passate, quello che trovo nelle mie note intorno ad Argyre I, la quale si presentò sempre bianca e splendente tutte le volte che la posizione sua lo permetteva:

Maggio	3	$\omega = 81°$	Lucentissima.
Giugno	9	63	Bianca e ben chiara: vedi disco III.
—	10	8	Candida.
—	14	30	Luminosa.
—	15	6	Nevosa: vedi disco IV.
—	16	4	Benissimo visibile; disegnata: vedi disco V.
Luglio	10	129	Vista in parte sul lembo estremo sinistro.
—	13	100	Vista all'orlo manco.
—	14	90	Vista all'orlo manco.
—	15	80	Disegnata: vedi disco XII.
—	16	72	Bianchissima.
—	17	62	Veduta.
—	19	46	Veduta sull'orlo del disco.

Ricomparve quest'anno anche Argyre II, la quale non era stata più osservata dopo il 1882. Di essa trovo le seguenti annotazioni:

Luglio	14	$\omega = 90°$	Veduta sull'alto del disco.
—	15	78	Bella sull'orlo superiore, disegnata: vedi disco XII.
—	16	89	Bel punto bianco

Poco è stato veduto di Noachide, alla quale si riferiscon le note seguenti:

Giugno	15	$\omega =$ 6°	Noachide bianca.
—	16	349	Biancastra, risalta bene, benchè non terminata con precisione.
—	19	348	Biancastra all'orlo sinistro.

Nulla si è potuto notare della separazione di Noachide da Argyre I. Il bianco brillante di questa andava digradando poco a poco verso il bianco molto più pallido di quella, senza alcuna sensibile soluzione di continuità.

998. Fuori delle anzidette regioni il Mare Eritreo conservò quella stessa tinta grigiastra, che in parte almeno è da attribuire alla posizione molto obliqua. Soltanto in quattro luoghi si manifestarono spazi così oscuri, da potersi addirittura chiamare neri. Questi sono: 1° la grande macchia formata dai Corni di Aryn, molto più grande e distinta, che mai prima non fosse; 2° il Golfo delle Perle, questa volta anche abbastanza ben delimitato nella parte superiore dalla regione di Pirra (§ 996); 3° il Golfo dell'Aurora, specialmente nella parte contigua alle foci del Tindaro, dell'Agatodemone, del Gange e della Iamuna; 4° il *Yaonis Lacus* di Cerulli, già da me veduto nel 1888 (§ 857) ed ora ritrovato nei giorni 18, 20, 22 e 24 giugno. Questo ultimo pare che nell'attuale opposizione fosse più grande e si estendesse anche verso lo spazio compreso fra Ellade e Noachide, nel luogo che porta il nome di Ellesponto sulle mie carte del 1877. Occupava pertanto questo spazio eccezionalmente oscuro proprio quella parte del pianeta che io aveva visto eccezionalmente chiara nel 1879 e nel 1882, al punto di designarla col nome di *Yaonis Regio* (§§ 354, 484), e di considerarla come qualche cosa di analogo alle altre terre di mezza tinta, onde è sparso il Mare Eritreo. Come nel 1888, il *Yaonis Lacus* questa volta era di un grigio notevolmente più cupo che le aree circostanti, non però tanto oscuro, quanto le tre macchie poc'anzi nominate sotto i numeri 1, 2 e 3.

Sezione VII.

Dal Fasi al Titano.

999. Arasse. Come di consueto la vasta regione compresa tra il Fasi-Iride ed il Titano ha presentato all'osservatore un insieme di linee e di ombre poco determinate. Fa eccezione l'Arasse, che fu veduto più volte dal 3 giugno al 10 luglio; il suo corso era ben marcato e rettilineo o quasi. Due volte (6 giugno e 9 luglio) è stato notato in esso un colore rosseggiante. Il giorno 14 luglio l'Arasse era sparito, e dopo quell'epoca più non fu veduto. Questa scomparsa ha forse relazione colle geminazioni del Lago della Fenice, dell'Eumenide e dell'Ulisse, che si produssero in quella parte e furono constatate la prima volta nei giorni 15 e 16 luglio.

1000. Ulisse. Già nel 1879 io aveva notato (§ 367) che il Sirenio, partendosi dall'estremità sinistra del Mare delle Sirene formava non una ma due linee alquanto divergenti, dirette verso le plaghe settentrionali. Di queste la più occidentale scendeva dritto quasi secondo il meridiano e fu denominata canale delle Si-

rene o Sirenio, che fu osservato più o meno bene in tutte le opposizioni ed anche in questa. L'altra linea partendo dall'estremità sinistra del Mare delle Sirene scendeva giù, divergendo però dalla prima e declinando vesso levante; essa non fu più veduta dopo il 1879, e l'osservazione incerta del 1879 non bastava a tracciarne con sicurezza l'intero corso. Ma nell'opposizione del 1890 si presentò di nuovo, come linea debole, non però dubbia, il 9 luglio; procedeva dritto dal Mare delle Sirene al Lago Ascreo, dove insieme concorrono, oltre ad essa, le linee della Fortuna, dell'Iride, del Ceraunio, dell'Uranio e del Gigante (vedi § 850 e relativa nota). Fu poi riconosciuta di nuovo il 14 luglio. Ma nel giorno 15 luglio apparve risoluta in due linee parallele estremamente sottili e delicate, quali le mostra il disco XII. La linea di destra formava, nella sua intersezione col doppio Eumenide, due punti oscuri, che coi due Laghi della Fenice presentavano i quattro vertici di un trapezio. L'analisi di particolari così minuti è stata possibile soltanto col favore di una serata di primo ordine, quale fu quella del 15 luglio 1890. Ma il essendo luogo già vicino alla fase oscura e quindi poco illuminato, non mi riuscì di seguire quelle due linee fino al loro termine nel Mare delle Sirene, nè di vedere in qual modo con questo mare si connettessero. Perciò in questa parte ciò che presenta la carta è da considerarsi come una semplice congettura. — Questo corso che congiunge il Mare delle Sirene col Lago Ascreo, è stato poi veduto distintamente dal prof. Lowell nel suo osservatorio a Flagstaff alcuni anni dopo: a lui è dovuto il nome di Ulisse, con cui anche da me sarà d'ora innanzi designato.

1001. Eumenide. Le prime annotazioni fatte di questo corso nei giorni 30 maggio e 6 giugno sono di carattere estremamente dubbio. Il 9 luglio è designato come pallidissimo. Ma nella bellissima sera del 15 luglio fu facile riconoscere che esso esisteva, anzi era in stato di geminazione con due linee sottilissime, vedi il disco XII. Il tratto superiore non era altro che un prolungamento dell'Eosforo verso destra; passava pel Lago australe della Fenice, e continuando traversava l'Ulisse destro in uno dei punti oscuri già descritti nel paragrafo antecedente. Il tratto inferiore partiva dal Lago boreale della Fenice e traversava l'Ulisse destro in altro simile punto oscuro. Ma nelle intersezioni dei due Eumenidi coll'Ulisse sinistro non mi riuscì di vedere alcun punto oscuro analogo. — Anche qui la prossimità della fase oscura ha fatto impedimento, e non è stato possibile riconoscere l'ulteriore prolungamento dell'Eumenide verso occidente, e stabilire fino a qual punto arrivasse. Tutte queste cose furono rivedute e confermate il 16 luglio. Ma il progredire della fase oscura impedì ulteriori osservazioni nei giorni seguenti.

1002. Sirenio, Gorgone, Gigante, Nodo Gordiano. Del Sirenio poco si è potuto vedere questa volta, ed anche questo poco assai male. Dal Mare delle Sirene venendo in giù si è potuto accertarne l'esistenza più volte (2 giugno-10 luglio) fino all'incontro col Gigante. Della parte inferiore al di sotto del Gigante non ne ho mai veduto alcun indizio. — Il Gorgone non fu notato che una volta sola, il 9 luglio, e delineato nel disco XI. Pareva uscire dal Mare delle Sirene, ed incontrar il Gigante e l'Eumenide nel loro luogo d'intersezione comune. — Alquanto meglio potè esser studiato il Gigante, il quale non mancò mai tutte le volte che fu presentato in conveniente posizione. Tutta la sua estensione dal Lago Ascreo al Golfo

dei Titani apparve divisa in tre parti quasi uguali dai punti in cui incontrava il Sirenio e l'Eumenide. Di queste la prima che ccmincia al Lago Ascreo e finisce al Sirenio fu sempre meno marcata delle altre. Tutto intero il Gigante fu sempre largo e assai male definito; ciò malgrado più volte si potè congetturarne la geminazione, la quale però soltanto nei giorni 9 e 10 di luglio parve fuori d'ogni dubbio. L'aspetto era di un certo numero di macchie irregolari mal definite, disposte su due file parallele presso a poco, di color rossiccio molto sbiadito, che assai poco si rilevava dal fondo giallastro dell'intera regione. — Le intersezioni del Sirenio, dell'Eumenide, del Gigante e del Gorgone determinavano coi loro indefinibili contorni un'area piuttosto larga, dove il color rossiccio era più intenso, senza che di tale area si potesse bene afferrare la forma; tale era il Nodo Gordiano, di cui quest'anno non è stato possibile aver una visione negativa obliqua simile a quelle ottenute tante volte negli anni precedenti (§§ 494, 641, 749, 861).

1003. Titano, Arimane. Alle antiche difficoltà concernenti il sistema di linee detto Titano, nell'opposizione del 1890 se n'è aggiunta una nuova. Nei giorni 29 e 30 maggio e 2 giugno non si ebbero che osservazioni imperfette, le quali però sembrarono doversi riferire al vero Titano e non al Bronte. Il 1° luglio non ne fu veduta che la parte inferiore compresa fra l'Orco e la Propontide: « piuttosto visibile ma come ombra informe », Il 4 luglio fu veduto di nuovo tutto intiero, sempre mal definito; il 7 ancora tutto, ma la parte superiore era più grossa. Il giorno 9 la parte superiore fra il Golfo dei Titani e l'Erebo non appariva invece che come un lieve fantasma; mentre un nuovo corso, segnato sulla carta col nome di Arimane, si dirigeva dall'intersezione Titano-Erebo ad un punto del Mare delle Sirene posto alquanto a destra della foce del Gorgone (disco XI). Questo corso, anch'esso una striscia sfumata e mal definita, ma facilmente visibile, si presentò anche il dì seguente 10 luglio, che fu l'ultimo delle osservazioni fatte in questa parte. Con tale mutazione di cose è probabilmente connesso il fatto, che nei due giorni anzidetti 9 e 10 luglio la parte destra del Mare delle Sirene, compresa fra le foci superiori dell'Arimare e del Titano, apparve molto più chiara che il resto di esso mare, come a suo tempo si esporrà. Sventuratamente le assai mediocri condizioni atmosferiche di quei due giorni non permisero di analizzare questi fatti con tutta la precisione desiderabile. — Del resto il Titano è stato veduto distintamente geminato dallo Stanley Williams nei giorni 30 aprile, 1 e 2 maggio con un riflettore di soli $6\frac{1}{2}$ pollici, quantunque le due linee non fossero neppure allora ben definite, ma piuttosto diffuse.

1004. Flegetonte, Piriflegetonte, Halex. Del Flegetonte fu constatata l'esistenza il 4 e il 6 di giugno. Il 10 di luglio fu veduto ancora una volta come una linea estremamente sottile. Questa circostnza dimostra che la forma vaga e mal definita, osservata in quel giorno per altri corsi della regione qui considerata, era proprio reale, e non conseguenza dell'imperfetta definizione dell'immagine. — Del Piriflegetonte si vide soltanto la parte destra fra l'intersezione sua col Gigante, e la Propontide. Questa parte dal 30 maggio al 4 luglio fu sempre evidente quantunque mal definita e confusa. Anche male definita e confusa era nei giorni 9 e 10 luglio; ma nel giorno 9 la confusione non fu tanta da impedire che si riconoscesse nel Piriflegetonte una geminazione formata da due strisce distinte, quantunque

rare e nebulose. — Il 15 luglio vidi per la prima volta partirsi dal Lago Ascreo e tendere verso la Palude Meotide una linea molto distinta (disco XII), che sembrava formar prolungamento al corso della Fortuna, ed era anzi assai più marcato di questo. Credo che sia identico allo *Halex* di Lowell, e con questo nome l'ho segnato sulla carta.

1005. A compire il quadro di questa regione rimane che si parli dell'Eurota, il quale scendendo obliquamente dalla Propontide verso il Mar Boreo, lo toccava verso il meridiano 115°. Esso constava (disco II) di due rami, che da una comune origine nella estremità Nord-Est della Propontide andavano alquanto divergendo. L'uno tendeva verso la Palude Meolide e l'estremità destra di Nerigos, e questo riproduceva senza dubbio Eurota + Fevos del 1888, essendo del tutto ora scomparso il Lago Castorio. L'altro, Eurota II, accompagnava il primo, e partendo dalla stessa origine nella Propontide toccava il Mar Boreo in un punto alquanto più settentrionale. L'insieme dei due Eurota costituiva una geminzione divergente che fu distintamente veduta nei giorni 3, 4, 6 giugno. L'insieme costituiva un'ombra forte nella parte inferiore del disco, che dava subito nell'occhio al primo sguardo. A settentrione dell'Eurota II nulla più si vedeva fino alla neve polare; l'Erigone e l'Ippalo, che avrebbero dovuto presentarsi in quel luogo, non furono visibili in questa opposizione. — Del resto l'obliquità della vista, la poca determinatezza delle forme, e l'incertezza dell'osservazione stessa, fatta in aria molto mediocre, rendono difficile il confronto delle attuali colle anteriori osservazioni. Nella presentazione seguente (4-10 luglio) niente più si distingueva della geminazione dell'Eurota, il tutto si riduceva ad una ombra nebulosa e sbiadita (disco XI). — Niente fu veduto dell'Acheronte in questo anno, sebbene i suoi prolungamenti Dardano ed Erebo siano stati osservati con tutta facilità ed evidenza.

1006. Fuori della neve polare (piccolissima e difficile a vedersi) in questa regione non apparvero altre imbiancature, che una volta in Arcadia il 30 maggio, e la solita albedine di Memnonia all'orlo boreale del Mare delle Sirene; la quale è stata registrata il 9 luglio come brillante di splendore eccezionale.

Sezione VIII.

Eliso e regioni circostanti fra il Titano e la Piccola Sirte.

1007. Nel pentagono quasi regolare di linee che circonda la regione or più or meno biancheggiante di Eliso non si mostrò questa volta alcuna diagonale o altra cosa che ne interrompesse l'albedine per lo più uniforme. Questa del resto sembra fosse d'intensità notevolmente minore, che negli anni precedenti, a causa (com'io credo) del trovarsi quella regione quasi esattamente sotto i raggi verticali del Sole passante a poca distanza dal suo zenit. Ecco le poche note da me inscritte sul diario d'osservazione.

Maggio	29	$\omega = 195°$	Eliso bianco, ma non molto più del resto.
—	30	175	Eliso bianco nelle parti vicine al Trivio.
Giugno	22	291	bianco all'orlo nel luogo di Eliso.
—	24	284	Eliso un po' bianco.
Luglio	4	174	Un po' di bianco in Eliso.

Il giorno 1 di luglio si pose particolare attenzione a decidere, se la figura della regione bianca era poligonale e determinata dalle cinque linee perimetrali, oppure rotonda. Il risultato fu, che qualche maggiore ombra negli angoli dove stanno il lago Lucrino (o *Pambotis* di Cerulli), quello di Ecate, e il Trivio, e la decisa curvatura dell' Ibléo davano nell'insieme l'impressione che lo spazio bianco fosse limitato da un circolo quasi perfetto, meno bene determinato però lungo l'Eunosto, che nelle altre parti del perimetro. Leggo nel mio diario sotto quel giorno: « Tutto l'Eliso è ben rotondo e bene inquadrato; dall'estremo Nord di Ciclope fino all'uscita di Anian il contorno formato da Cerbero, Stige, e Chaos è oscurissimo. Dalla parte di Eunosto e di Ibléo l'inquadratura è molto più chiara, quantunque ben disegnata ». La notevole preminenza di Cerbero, Stige e Chaos era già stata notata pochi giorni prima, addì 26 giugno. Esattamente le stesse cose erano già state notate nel 1888 (vedi § 869) e nel 1882 (vedi le carte annesse alla Memoria III). Invece la proporzione d'intensità fu diversa durante le osservazioni del 1884 e del 1886, come si può verificare nei §§ 646 e 758. — La preminenza dei tre lati Cerbero, Stige e Chaos sopra gli altri due fu singolarmente manifesta nell'opposizione del 1907, come si può rilevare dalle magnifiche fotografie fatte dal prof. Lowell e dal signor Lampland il giorno 11 luglio di quell'anno. Ivi l'Eliso appare come una cialda biancastra, un po' irregolarmente rotonda, applicata alla superficie del pianeta; e l'evidenza con cui son state riprodotte le linee che formano tutto il perimetro, è addirittura maravigliosa.

1008. Trivio e linee che ne dipendono; Orco, Tartaro, Lestrigone, Averno, Minos. I dintorni del Trivio soltanto una volta poterono esser determinati con qualche soddisfazione, e fu il 4 di luglio. Il Trivio era allora perfettamente geminato nella direzione dell'Orco. L'Orco stesso però in quella sera fu cercato invano, sebbene tre giorni prima fosse stato distintamente osservato come geminato, e facile ad analizzare (1° luglio). Fuori di questa occasione l'Orco non fu gran fatto manifesto; il 30 maggio era « largo e diffuso ». — Anche il Tartaro fu veduto poco e male; due volte sole nei giorni 29 e 30 maggio. — Il Lestrigone negli stessi due giorni fu visibile invece con tutta facilità. Il 4 luglio poi mostrò il singolare aspetto delineato nella Tavola I. Dal Mare Cimmerio esso scendeva secondo il meridiano, distintamente geminato in due tratti sottili per una lunghezza di forse 15° fino al suo incontro coll'Averno. Da quel punto cessavano i due tratti di esser paralleli fra di loro; quello di destra si continuava nell'Averno con molto notabile spezzatura: l'Averno poi continuava il suo caso fino all'incontro col Titano. Ma il secondo tratto del Lestrigone, dopo cessato il parallelismo col precedente, anch'esso si spezzava; ed invece di segnare il termine sinistro del Trivio, si dirigeva al termine destro, dove il Trivio superiore si intersecava col Cerbero. La sua direzione così deviata pareva prolungarsi nello Stige; ma di questo punto non ho fatto un esame accurato. Nella carta questo nuovo corso è denominato *Minos*.

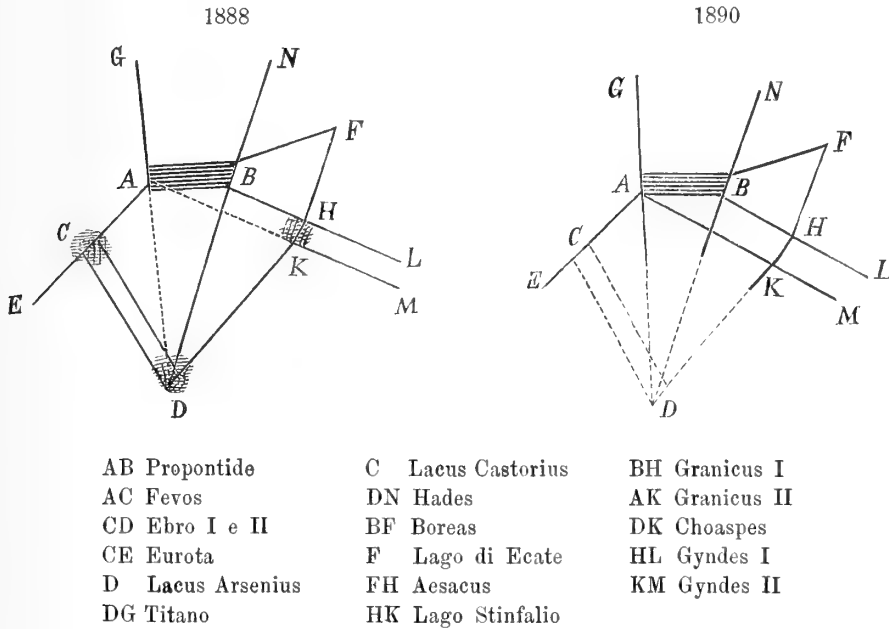
1009. Erebo, Cerbero, Stige, Boreas, Chaos, Plutone. L'Erebo fu sempre confuso e poco visibile per tutto l'intervallo delle sue osservazioni dal 29 maggio al 9 luglio. Mancò affatto il suo grande prolungamento orientale, l'Acheronte; invece il prolungamento occidentale, il Cerbero fu, come al solito, molto distinto

(v. qui sopra § 1007). Tale si mantenne per tutto l'intervallo che si potè osservarlo, dal 29 maggio al 1° di luglio. Più volte ne ho sospettato la geminazione, ma non son mai riuscito a metterla fuori di dubbio, neppur la sera del 26 giugno, che forse ha dato le più belle immagini di questa opposizione. La difficoltà proviene forse in questo caso da ciò, che la striscia chiara in mezzo alle due oscure nel Cerbero è molto stretta, qualche volta tanto stretta, da non poter emergere da quelle con sufficiente evidenza. — Stanley Williams è stato più fortunato di me; nella sua osservazione del 31 maggio è riuscito a constatare che il Cerbero quella sera era manifestamente e fortemente geminato. « With 420 Cerberus appeared quite clearly composed of two parallel « streaks. Each component streak had a visible breadth, and was not merely a line. « The extension of one of the two components (il tratto x delle mie carte 1882 e 1884) « was also certain; though, owing to the definition being spoilt by smoke il was im- « possible to say which component of Cerberus was continuous with ». In quella sera riuscì anche allo Stanley Williams di sdoppiar l'Erebo; cosa che in questa opposizione non è stata a me concessa. — Anche lo Stige è sempre stato forte; sebbene un po' meno largo del Cerbero, presentò nella sera del 26 giugno gli stessi caratteri di incerta risolvibilità, e lo stesso si poteva dire anche del Chaos. — Il Boreas dal 29 maggio al 1° luglio fu sempre nerissimo e ben pronunciato. — Dal Lago di Ecate fu visto anche una sola volta uscire il Plutone, dividendo in due parti quasi uguali l'angolo compreso fra lo Stige ed il Boreas; esso si estendeva verso sud-est fino all'incontro coll'Erebo.

1010. Titano e Hades. Il Titano, che al Sud della Propontide fu sempre nebuloso e mal terminato, oltrepassata la Propontide nella sua parte più prossima al polo boreale si mostrò nero ed abbastanza definito fin verso il 60° parallelo dove cessava d'un tratto in mezzo al campo giallo, senza appoggiarsi ad alcuna apparente connessione. La sua direzione tendeva bensì al Lago Arsenio, ma questo rimase sempre invisibile. — Lo stesso è avvenuto dell'Hades; il quale dal limite orientale del Trivio, sempre ben distinto per tutto l'intervallo delle osservazioni, dopo di avere, come negli anni scorsi, fiancheggiato la Propontide, nel suo corso ulteriore verso il Nord procedeva nella direzione segnata dal punto in cui esisteva altre volte il Lago Arsenio; ma subitamente anch'esso si arrestava presso a poco sotto il 60° grado di latitudine. Questo arrestarsi a mezza strada di due corsi così visibili, e la soppressione (o disparizione) del Lago Arsenio, loro punto comune di concorso nel 1888, è un fenomeno analogo a quello che in questa medesima opposizione rese invisibili il Kison, il Python e l'Enipeo, e il Lago Iperboreo e varie altre formazioni prossime al polo boreale. In parte esso può derivare dalla maggiore obliquità sotto cui il raggio visuale attraversa l'atmosfera di Marte per raggiungere l'occhio dell'osservatore. Ma spesso accade in simili circostanze, che scompaia un oggetto, mentre nell'immediata vicinanza rimane visibile un'altro anche meno cospicuo, o più prossimo al lembo, tale insomma che la visione ne dovrebbe sembrare maggiormente impedita. Tale fu in questo stesso anno la completa disparizione del Lago Castorio così evidente nel 1888, mentre rimanevano completamente visibili il Fevos e l'Eurota ad esso contigui. Qui l'ipotesi di velatura o di annuvolamenti generali non sembra possa bastare. Tali disparizioni e apparizioni sembrano accennare piuttosto a cambiamenti di carattere

reale avvenuti nei particolari topografici del pianeta. Nel 1888 fu visto il Lago Castorio, perchè esso veramente esisteva in quel luogo sotto quella forma e dimensioni; nel 1890 non fu visto perchè esso realmente non esisteva più.

1011. Sistema Propontico. Le osservazioni fatte questa volta su questo interessante viluppo di linee e di macchie non furono così perfettamente soddisfacenti come nel 1888, ma tuttavia bastarono a dare un' idea generale dei cambiamenti sopravvenuti nell'intervallo. L'analisi di questi cambiamenti sarà resa più facile dalla considerazione delle due figure qui presso, dove per ciascuno dei due anni 1888 e 1890 è indicato quanto essi ebbero di tracciamenti comuni (linee e macchie nere), e quanto l'uno mostrava, che mancò nell'altro (linee punteggiate). Si vedrà, che nel 1888 eran visibili tutte le linee e macchie del sistema, eccettuate AD (parte boreale

AB	Propontide	C	Lacus Castorius	BH	Granicus I
AC	Fevos	DN	Hades	AK	Granicus II
CD	Ebro I e II	BF	Boreas	DK	Choaspes
CE	Eurota	F	Lago di Ecate	HL	Gyndes I
D	Lacus Arsenius	FH	Aesacus	KM	Gyndes II
DG	Titano	HK	Lago Stinfalio		

del Titano fra la Propontide e il Lago Arsenio), e AK (Granico II); mentre nel 1890 tutte le linee esistevano ad eccezione delle quattro, che convergono al Lago Arsenio. Di queste erano due totalmente abolite, cioè l'Ebro geminato ed il Coaspe; mentre dello Hades e del Titano il corso era interrotto a mezza strada fra la Propontide e l'Arsenio. Inoltre la grande copia di laghi, per cui si distinsero varie regioni boreali del pianeta nel 1888, si trovò quasi intieramente mancare nel 1890. Scomparso intieramente il Lago Castorio, il Fevos e l'Eurota nel 1890 formarono una linea sola. Scomparso pure il Lago Stinfalio, si trovò in quel luogo un piccolo tratto assai breve indicante la divisione fra il doppio Gyndes e il doppio Granico. Scomparve da ultimo anche il Lago Arsenio, che era stato veduto in tre opposizioni di seguito, 1884, 1886, 1888. — Rimane a dir qualche cosa della Propontide, che costituisce in certa guisa il nucleo principale, intorno a cui si svolgono questi fenomeni. Essa fu sempre molto cospicua, ma il più delle volte male definita, come un'ombra intensa ed informe. Nei

giorni 3, 4, 6 giugno fu veduta alquanto meglio, ed in tale occasione si constatò la presenza del forte prolungamento del Titano verso il Nord. Il 4 e il 9 luglio fu notato l'analogo prolungamento dell'Hades e la presenza delle due linee del Granico geminato. Non si ebbe occasione di osservar bene la Propontide oltre il 9 luglio. Durante l'ultima osservazione fatta in quel giorno era molto nera, e mi parve anche geminata; come tale è figurata nel disco XI. Ma lo stato dell'immagine fu allora assai mediocre. Secondo l'esperienza da me fatta altre volte la geminazione della Propontide è difficile a riconoscere, per esser la zona chiara mediana molto stretta in confronto delle due zone oscure laterali.

1012. Sistema Ciclopico. Dei varî rami componenti il fascio dei Ciclopi fu per lo più visibile uno solo, quello che nelle precedenti apparizioni fu più volte misurato e trovato deviare dal meridiano di 16 a 18 gradi (§§ 381, 658, 875). Era tracciato con perfetta regolarità come un filo nero assolutamente uniforme e ben terminate dalle due parti; tanto largo, da indurmi più volte a credere probabile una strettissima geminazione. Ma una vera separazione dei due tratti potè essere distintamente riconosciuta soltanto nella sera veramente eccezionale del 26 giugno. Nella medesima sera sotto $\omega = 257°$ e con l'amplificazione 200, il Ciclope era « bello, nero e largo »; più tardi, sotto $\omega = 261°$, con l'amplificazione 350 « secondo tutte le probabilità Ciclope è doppio, ma non si può separare ». Sotto $\omega = 271°$, messo l'oculare 513, la duplicità fu confermata; ma l'ulteriore esame rivelò cose non vedute e neppur sospettate poco tempo prima. L'aspetto del Ciclope era diventato quale si può vedere nella carta generale annessa alla presente Memoria, od anche nel disco X. Il Ciclope non era più tutto uguale dal Lago Lucrino al Mare Cimmerio, ma appariva diviso in due sezioni quasi uguali, di cui la superiore continuava l'inferiore, ma era di questa assai più pallida, e solo con fatica si poteva riconoscere. Nel punto di confine tra le due sezioni si attaccava alle linee già descritte, una terza nella direzione di Sud-Ovest, inclinata a circa 45° rispetto ai tratti anteriori, e di circa 60° rispetto al meridiano; questo nuovo tratto andava al Mare Cimmerio, e lo raggiungeva in un punto poco distante dalla foce dell'Etiope. Esso uguagliava in intensità ciascuno dei due tratti geminati nella loro sezione iferiore. Così che, data la poca visibilità della loro sezione superiore, a prima giunta si poteva credere, che l'insieme del Ciclope constasse di una linea spezzata in due ad angolo di circa 135°, l'una parte essendo semplice, l'altra geminata.

1013. Nelle giornate seguenti fino al 4 luglio il tempo non fu sufficientemente buono per l'esame di particolari così minuti. Il 4 luglio parve che tutto fosse tornato allo stato di prima e che il Ciclope seguisse una sola direzione fino al Mare Cimmerio; il diario segna: « Ciclope bello e forse doppio » senza altra indicazione. — Notabile soprattutto in queste evoluzioni è la rapidità delle variazioni avvenute il 26 giugno, dove in meno di un'ora, quasi sotto gli occhi dell'osservatore si produsse quell'apparenza di spezzatura, che abbiamo descritta. Già più volte nelle Memorie antecedenti (§§ 518, 569, 888 e 943) ho riferito su casi, in cui anche tenendo conto delle vicende atmosferiche dell'immagine era da considerarsi come quasi certa l'apparizione di una geminazione talora assai cospicua da un giorno all'altro, cioè entro l'intervallo di 24 ore od anche meno. Abbiamo adesso un indizio, che mutazioni

del medesimo genere (sebbene forse meno importanti quanto ad estensione) possono prodursi anche entro lo spazio di un'ora; ed ancora in questa stessa Memoria s'incontrerà il caso di piccole mutazioni di carattere secondario, ma ancora sicuramente determinabili, che si possono da noi constatare nelle linee di Marte anche entro limiti di tempo così stretti. — Del resto il Ciclope rimase sempre bene visibile anche più tardi, conservando l'originaria inclinazione rispetto al meridiano. Il 2 agosto non era più possibile alcuna separazione, ma mi parve quasi certo che continuasse ad esser geminato.

1014. Etiope, Lete, Eunosto. — L'Etiope fu veduto soltanto nei giorni 24, 25 e 26 giugno; ed anche in questi giorni soltanto con qualche attenzione se ne potè accertare la presenza. Scendeva giù dritto secondo il meridiano, e pareva esteriormente tangente al circolo di Eliso. Non si potè accertarne l'esistenza che nel tratto compreso fra il Mare Cimmerio, e la linea più australe dell'Efesto; il prolungamento verso il Lago Sitonio, osservato nel 1888, non fu veduto questa volta. Confrontando la sua posizione data nei dischi VIII, IX e X con quella che risulta dai disegni del 1888, si vede che i due corsi nelle due opposizioni sono stati paralleli, ma non identici. Manifestamente l'Etiope formava una geminazione di cui soltanto il tratto di destra fu veduto nel 1888, mentre nel 1890 fu veduto solo quello di sinistra. Simili visibilità alterne delle due linee di una medesima geminazione sono state da me congetturate più di una volta (§§ 455, 603, 607, 625), non mai però con quel grado di evidenza che pare sia stato raggiunto per l'Etiope. — Del Lete si ebbero tracce ancora al principio di agosto, ma osservazioni sicure non se ne ottennero che il 24 e il 25 giugno; era ben delineato, ma sottilissimo, limitato fra la Piccola Sirte e l'Efesto. — L'Eunosto comparve sempre tutto intiero come doppia linea, dal suo incontro col Ciclope fino all'incontro coll'Alcionio; i suoi due tratti erano alquanto sbiaditi, ma ben formati e assolutamente uguali; tale era ancora il 1° di luglio, che fu l'ultimo giorno delle osservazioni di esso ottenute. Il corso dell'Eunosto non era punto impedito nè disturbato dalle multiple linee dell'Efesto; le traversava senza apparente confusione (disco X). Quanto al prolungamento dell'Eunosto verso il Mare Cimmerio, detto Anteo, esso non fu veduto affatto durante l'opposizione del 1890.

1015. Vulture. — Il canale, che nel disco X (26 giugno) dalla Piccola Sirte quasi tende al centro del circolo d'Eliso (arrestandosi però al perimetro di questo) fu già da me veduto una sola volta nel 1877 e allora chiamato Lete, e con questo nome designato più tardi da Lowell nelle sue carte. Ma esso non è il medesimo Lete che fu osservato dal 1879 in qua ogni anno ed anche in questa stessa opposizione 1890 (vedi il § 1014), e sempre indicato con quel nome. Il Lete del 1877, che ricompare nel disco X del 1890, è stato veduto adesso una sola volta, benchè assai distintamente; partendo dalla Piccola Sirte andava a raggiungere il perimetro di Eliso nel punto stesso, in cui da questo perimetro si dipartiva la linea più australe del doppio Efesto I. Per evitare confusione ho ritenuto il nome di Lete pel canale così denominato nelle Memorie II, III, IV, V, VI (ed anche qui sopra § 1014); mentre per il Lete osservato nel 1877 (Memoria I, § 149 e Memoria II, § 391) da me e chiamato pur Lete da Lowell adotterò il nome di Vulture. Dunque il Lete ed il Vulture sono

due corsi differenti che pur uscendo entrambi dalla Piccola Sirte, si distinguono in questo; che il Lete fa col meridiano un angolo di forse 20° o 25°, mentre il Vulture fa col medesimo meridiano un angolo di circa 45°.

1016. Cambise e Linceo. — Dalla Piccola Sirte nello stesso giorno memorabile del 26 giugno vidi pure una linea andare a raggiungere il Lago Lucrino (*Pambotis* di Cerulli). Questa è manifestamente la linea designata da P. Lowell sulle sue carte col nome di *Cambyses*, che noi pure adotteremo. Io non l'aveva mai osservato prima, ed anche più tardi mi mancò occasione di rivederlo. — All'estremità nord-est del Vulture nel Lago Lucrino si connetteva un'altra linea, che correndo quasi parallela al Cambise finiva nel Lago Tritone (dischi IX e X). Questa non so che finora sia stata veduta da altri; sulla carta l'ho denominata Linceo. L'ho trovata il 25 giugno e riveduta anche meglio il 26. Il Linceo fa col meridiano un angolo di 60° a 70°.

1017. Efesto I e II. — Dell'Efesto nulla mi è stato concesso di osservare fuori delle due serate 25 e 26 giugno. Ancora nel disegno del 24 giugno (disco VIII) esso manca affatto. Il giorno 25 (disco IX) esso fu veduto sotto forma di una geminazione composta di due linee leggere, simili press'a poco a quelle dell'Eunosto. Come negli anni precedenti, la direzione era poco divergente da quella del parallelo; ma i due tratti avevano un aspetto ben diverso. Negli anni 1882-1888 essi eran larghi, e l'intervallo chiaro intermedio era minore della loro larghezza. Questa volta i tratti eran piuttosto sottili, e l'intervallo chiaro era notevolmente più largo di essi; l'insieme dei tratti e dell'intervallo occupava una larghezza in totale assai minore. Inoltre la posizione era alquanto diversa, sensibilmente più australe che negli anni precedenti, come nel disco IX è indicato. La ragione di questa cosa si vide nel giorno seguente 26 giugno (disco X). Oltre alla geminazione poc'anzi descritta, che chiameremo Efesto I, un'altra uguale e parallela si presentò, la quale era d'altrettanto più bassa che il centro di Eliso, di quanto la prima era più alta; questa chiameremo Efesto II. La linea mediana ideale fra le due geminazioni Efesto I ed Efesto II era adesso quella che passava per il centro di Eliso. Nel sistema di quattro linee parallele così formato l'intervallo fra le due estreme poteva essere di 16°, quello delle due linee interiori forse di 9°, la larghezza di ciascuna geminazione di 3° o 4°. Fu questa disposizione di cose un puro effetto casuale? Certo, nel numero considerevole delle geminazioni che in quei giorni occupavano il disco di Marte, era possibile che due di esse venissero *per caso* a disporsi in guisa da formare, come abbiam veduto, una *geminazione di geminazioni*. Ma la loro disposizione simmetrica rispetto al centro di Eliso sembra indicare fra Efesto I ed Efesto II una relazione quale si può immaginare fra effetti diversi e pur simili di una medesima causa, o fra parti diverse di un medesimo ordine di cose. Questa considerazione è fortificata dall'essere entrambe le geminazioni terminate nel medesimo modo, cioè a sinistra dal perimetro di Eliso, a destra dal Parnes.

1018. Parnes. — Nella presente opposizione il Parnes (chiamato da Lowell *Amenthes*) [1] scendeva dritto dalla Piccola Sirte lungo il meridiano 260° fino allo

[1] *Amenthes* è il nome da me dato originariamente alla regione compresa fra il Lete ed il Thoth. Vedi le carte annesse alle mie tre prime Memorie: inoltre i §§ 162, 532, 671, 780. Per

Alcionio sotto forma di un filo tanto tenue, quanto è possibile immaginare determinando col suo corso nettamente le estremità occidentali di Efesto I e di Efesto II. Continuava quindi, oltre l'Alcionio il medesimo corso, in forma alquanto più visibile, fino all'incontro coll' Eliconio. La parte inferiore del Parnes sotto l'Alcionio era già stata veduta il 20 giugno, vedi il disco VII. Qualche indizio della parte superiore erasi avuto il 25 consecutivo; tutto intiero il Parnes dalla Piccola Sirte all'Eliconio non fu veduto che il 26 giugno (disco X). Era tenue nella sua parte superiore, più che qualsiasi altra linea veduta sul pianeta, ma perfettamente tracciato in tutto il suo corso. — Rispetto al Parnes devo confessare che temo di aver fatto qualche confusione nelle mie antecedenti Memorie. Io lo trovai e lo disegnai con sufficiente esattezza sin dal 1882, come si può vedere nella carta annessa alla Memoria III; ma credo di aver errato nel considerarlo come formante col Thoth una unica geminazione anomala, vedi §§ 542 e 568. Perciò non gli detti altro nome. Nel 1884 è occorsa la stessa confusione. Ma credo ora di esser più nel vero, considerandolo come distinto dal Thoth, e assegnandogli il nome di Parnes. Quale sia la vera geminazione del Thoth si può vedere nei risultati del 1888, § 914, e la carta annessa alla Memoria VI. Questa geminazione è tutta separata dal Parnes; le strisce parallele di Efesto hanno il loro termine occidentale nel Parnes e non nel Thoth. E il prolungamento del Thoth occidentale verso il basso fino all'Eliconio attraverso ad Utopia, quale è stato osservato nel 1888 (§ 914) non è da confondere coll'analogo prolungamento del Parnes.

1019. A n i a n, L a g o S i t o n i o. — Quell'angolo del pentagono d'Eliso, dove termina il *Chaos* e comincia l' Ibléo, fu in quest'anno occupato da una forte macchia oscura, alla quale il Lowell ha dato il nome di *Morpheos*. Da questo punto usciva verso nord-ovest la bella linea dell'Anian raggiungendo il Lago Sitonio, altra macchia anche più forte della prima; e continuava anche al di là nel Cidno, che raggiunge le alte latitudini boreali. L'Anian fu sempre veduto bene dal 24 giugno al 1° agosto, e nei giorni 24-25 giugno mostrò anche una tendenza a geminazione, che però non si potè verificare a cagione della posizione troppo obliqua. Ma nel giorno 26 presentò questa geminazione colla massima evidenza (disco X). Un mese dopo l'Anian era ancora visibilissimo, ma della geminazione non era più possibile giudicare, attesa la soverchia distanza.

1020. I d i n t o r n i d e l L a g o S i t o n i o. — Di questo lago veramente cospicuo nell'attuale opposizione, le osservazioni non durarono che due giorni, 25 e 26 giugno. Esso formava una stella, da cui si dipartivano linee in molte direzioni (dischi IX e X). Io ho già fatto menzione dell'Anian, che congiunge il Lago Sitonio col perimetro dell'Eliso, e della bella e larga geminazione del Gyndes, che lo congiunge col sistema Propontico (vedi la figura annessa al § 1011). Nel giorno 26 giugno fu riconosciuto distintamente l'Idalio, scoperto nel 1886 e ritrovato nel 1888 (§§ 766 e 886). Era semplice ancha questa volta. La sua parte più boreale non si potè riconoscere per essere troppo vicina al lembo del disco. Due altre belle geminazioni, l' Eliconio ed

questa ragione io non ho questa volta adottato il nome usato da altri prima di me, ed ho introdotto il nuovo nome di *Parnes*.

il Cidno procedevano, il primo come continuazione del Cyndes, e l'altro come continuazione dell'Anian, terminando entrambi al Piramo. Finalmente l'Alcionio, come linea forte, ma non geminata, andava a congiungersi coll'estremità orientale della Borcosirte, o del Casio, che qui rappresentava una geminazione della Borcosirte. — Quanto al Piramo, esso era stato già veduto, ma piuttosto confusamente, il 16 maggio; e durò visibile anche fin tardi. Il 31 luglio era ancora sempre forte e ben distinto, ma non si potè ravvisare in esso con certezza alcuna geminazione. Fu osservato tutto intiero fra il Protonilo e il Cidno, dal meridiano 250° al 300°; anzi nel giorno 26 giugno credo di aver potuto scorgere una parte dell' Enipeo, che forma continuazione del Piramo verso levante e lo connette col Lago Arsenio (§§ 884 e 912).

1021. Oltre al consueto albore di Eliso (§ 1007) poche chiazze bianche si son fatte vedere in questa regione fra il Titano e la Piccola Sirte durante l'opposizione del 1890. Un po' di bianco si è fatto vedere a destra e a sinistra del Ciclope nei giorni 23, 24, 25, 26 giugno. Un'altra macchia più lucente e di figura molto bene definita fu osservata il 26 giugno sulle due rive del Cidno geminato, e anche in mezzo ai due tratti della geminazione (disco X). Il suo albore era vivace, quantunque non così solido e così brillante come quello delle macchie polari. Essa occupava una piccola area nella parte più bassa del disco visibile, vicino al corno boreale della fase oscura, e confinava da un lato con quella fase; motivo per cui non si può affermare che io l'abbia veduta tutta, anzi è probàbile (a giudicare dallo schizzo ch'io ne feci) che una parte sia rimasta nell'ombra. Quello che io ne vidi e delineai (disco X) aveva l'aspetto di un segmento di ellisse molto maggiore della metà; la corda del segmento occupava parte dell'estremo lembo visibile del pianeta. La curva che lo limitava, andava quasi a toccare il corso del Piramo dov'esso è incontrato dal Cidno, e similmente passava a poca distanza dall' Eliconio senza intersecarlo, arrivava all'Idalio, ma non posso dire se si estendesse al di là di esso fino ad occupare forse quei luoghi della regione Panchaia, dove un simile fenomeno fu osservato il 9 maggio 1888 (§ 922). Forse si connetteva colla neve polare, come è indicato nella Tavola II annessa alla presente Memoria, ma non posso affermarlo, essendo ogni cosa invisibile in quel luogo pel difetto di illuminazione. Io non ebbi più modo di verificare questa interessante osservazione nei giorni consecutivi; ma il sig. Stanley Williams vide qualche cosa di analogo il domani 27 giugno. Nella presentazione consecutiva (31 luglio) ho potuto inoltre verificare (entro certi limiti) che nulla di essenziale era cambiato in quella parte, e che ancora esisteva la macchia biancastra veduta sul Cidno il 26 giugno. Che cosa sia avvenuto nell'intervallo, io non lo posso dire; questo solo posso affermare dal confronto dei dischi IX e X, che il 25 giugno nulla esisteva di questa macchia, e che il 26 essa era già completamente formata.

Sezione IX.

Mari interni e terre australi dal 110° al 310° meridiano.

1022. Benchè sempre in visione obliqua, e di raro favorita dalle condizioni atmosferiche nel tempo in cui poterono esser osservate, queste regioni non mancarono di

presentare alcune novità interessanti. Furono rivedute le Colonne d'Ercole, largo canale che connette il Mare delle Sirene col Golfo Aonio; erano disposte esattamente come quando le osservai per l'ultima volta nel 1882. — Nel Mare stesso delle Sirene nulla fu notato di nuovo fino al 9 di luglio; nel qual giorno vidi con mia sorpresa che la sua parte più occidentale fra le bocche del Gorgone e del Titano conteneva un'isola oblunga di mezzo colore simile al colore delle Terre di Deucalione e di Pirra. Era più vicina alla sponda boreale del Mare delle Sirene, dalla quale la separava un leggero filetto oscuro; mentre dalla sponda australe la divideva una striscia oscura più larga (disco XI). Le stesse cose furon vedute l'indomani 10 luglio. Sembra che questo fatto debba ritenersi come collegato in qualche modo con la comparsa dell'Arimane, che fu veduto anch'esso nei due medesimi giorni 9 e 10 luglio. Nulla di simile era stato veduto in quel luogo a partir dal 1877; il Mare delle Sirene era sempre stato veduto libero e di tinta uniforme. Ma è probabile che l'apparizione dell'isola Cimmeria nel vicino Mare Cimmerio, osservata nel 1882, sia un fenomeno del medesimo genere. — Anche nella parte inferiore delle Atlantidi dev'esser avvenuto qualche cosa d'insolito; ma non è stato possibile intendere cosa fosse. Il fascio delle Atlantidi apparve sempre come una massa di luce indeterminata, che separava gli oscuri spazî del Mare delle Sirene e del Mare Cimmerio.

1023. Anche nel Mare Cimmerio, sempre piuttosto oscuro, una parte nel mezzo della sua lunghezza, parte compresa fra i meridiani del Lestrigone e del Ciclope, sembrò più chiara del resto. Ciò fu vedito il 1° di luglio, ma non fu possibile di indagar bene le particolarità del fenomeno; lo stato dell'atmosfera era meno che mediocre, e poco dopo il cielo si rannuvolò. E non ebbi più occasione di esaminare quella parte un'altra volta. Io suppongo una riapparizione parziale dell'isola Cimmeria, veduta assai bene nel 1882 (§ 515). Le due parti estreme del Mare Cimmerio ad oriente del meridiano del Lestrigone e ad occidente del meridiano del Ciclope non presentarono alcun che di notabile. Il colore era oscuro forte, non oserei dir nero. — La bella penisola Esperia mostrò bene la sua doppia curvatura già perfettamente disegnata, come è noto, da Bianchini. Nulla ho trovato in essa di diverso dalle mie anteriori delineazioni. Era attraversata dalla solita ombra o taglio trasversale; il quale nei giorni 24 e 25 giugno si mostrò ben definito e largo, il 26 era geminato (disco X). Non sono in grado di dire se continuasse a traverso il Tirreno in Ausonia. Esperia del resto fu sempre ben terminata nei suoi contorni, ma relativamente oscura, come le terre di mezza tinta nel Mare Eritreo.

1024. Il Mar Tirreno nella sua parte superiore era meno oscuro che gli altri mari qui sopra descritti. Dirimpetto al taglio d'Esperia diventava nero, e questa sua nerezza continuava in basso lungo il lido d'Esperia fino alla Piccola Sirte. Dal lato di Ausonia era mal definito, od anzi non definito affatto. Dal nero presso Esperia passava con gradazione continua alla fioca luce di Ausonia, la quale figurava come una nube grigia oblunga ed arcuata estendentesi fra il Tirreno e l'Adriatico. Dall'altro lato Ausonia era ugualmente nebulosa, non separata dall'Ellade che per un'ombra grigia simile, ma più oscura, e questa rappresentava ciò che nel 1877 fu denominato Adriatico, ed aveva allora ben altro aspetto. Questa lunga striscia di Ausonia a mala

pena si può annoverare fra i continenti di Marte; solo nel 1877 ebbe in parte l'apparenza ben definita e il colore giallo dei continenti; in altre epoche nulla ha mai mostrato che la rendesse diversa dalle terre oscure del Mare Eritreo.

1025. Una gran massa rotondeggiante di nebulosità grigia, qualche volta tirante al giallo, ma sempre mal terminata, è quanto si vide quest'anno dell'Ellade: Presso gli orli del disco assumeva il solito color bianco, brillante nelle minori distanze dal lembo, opaco e grigiastro o giallastro nelle maggiori. Ecco le singole annotazioni prese su questo difficilissimo fra gli enigmi del piaoeta Marte.

Maggio	22	$\omega = 262°$	Ellade all'orlo destro superiore, molto bianca e piuttosto grande; ma mi pare mal definita.
Giugno	16	340	a mancina, bianca e mal definita (disco V).
—	18	329	nebulosa e bianca, pare grande (disco VI).
—	18	346	bianca brillante all'orlo.
—	19	349	bianca a sinistra.
—	20	330	gialla, non bianca.
—	22	291	biancastra, ma non molto notevole.
—	22	301	pare una balla di cotone giallo-cinerea.
—	22	313	comincia a diventar bianca.
—	23	287	biaanca non brillante.
—	24	296	mal terminata, giallo-scura, biancastra nella parte superiore.
—	25	264	bianco-cinerea.
—	26	260	bianco confuso nel luogo di Ellade.
Luglio	25	351	Ellade come nube bianca all'orlo.
—	28	325	Ellade in alto biancastra, mal terminata.
—	31	295	biancastra, poco appariscente.
Agosto	1	278	nube biancastra.

Nei giorni 20, 23, 24 giugno nella parte superiore di Ellade vi era un orlo più brillante, che io attribuisco al Chersoneso d'Ausonia, più avanzato in latitudine, e giacente a contatto di Ellade in quella direzione.

1026. Tutta la regione sopra la serie dei mari interni, distinta coi nomi di Fetontide, Elettride, Eridania, presentò ben terminati i suoi lembi settentrionali. Ma del suo contenuto interno nulla è stato veduto, e neppure la linea del Mare Cronio sotto nessuna forma. Tutta quella parte, al par di Ausonia e di Ellade, formava una massa o zona uniforme bianco-grigia, dove assolutamente nulla si poteva distinguere. In alto del lembo brillavano però di quando in quando, come false nevi del polo australe (e per tali considerate da più di un osservatore) Thyle I e Thyle II. Di queste, Thyle I è stata veduta dal 7 al 10 di luglio; tutte e due insieme poi furono vedute brillare il 2 giugno. Entrambe eran molto più cospicue che la vera neve polare, quella del polo boreale.

Sezione X.

Gran Sirte e sue adiacenze.

1027. Piccola Sirte. Non si ebbe campo di esaminare con qualche precisione questa parte che nell'intervallo 20-26 giugno. Fino al 25 essa non presentò nulla che attirasse in modo speciale l'attenzione dell'osservatore; nei giorni 23, 24,

25 giugno è stata disegnata nella consueta forma di un canale che sbocca in mare per una foce allargantesi in forma di tromba (dischi VII, VIII, XI). Il 25 si notò che il Mar Tirreno nella parte contigua alla Piccola Sirte era più oscuro del solito (§ 1024). Il giorno 26 giugno, essendo $\omega = 278°$, vidi la Piccola Sirte sotto la forma rappresentata nel disco X. Restando cioè il vertice del golfo nel medesimo punto (appartenente al corso del canale Tritone), i due lati formavano non più linee curve, ma due rette divergenti ad angolo di forse 30°. L'interno di questo angolo non era più nero, ma riempito da un'isola triangolare di color non molto diverso da quello delle vicine regioni di Esperia e di Libia. Quando cominciasse questo aspetto, non saprei dire, l'ultima delle osservazioni antecedenti essendo stata fatta il giorno prima. Certo è tuttavia, che poco dopo tale osservazione, dirigendo di nuovo la mia attenzione su quel luogo, sotto $\omega = 287°$ vidi che le due linee divergenti *eran diventate parallele*, formando una geminazione breve, ma affatto regolare. Come sta scritto nel mio diario, io mi avvidi subito della differenza, e dubitai allora, che la prima osservazione, fatta meno d'un'ora avanti, fosse sbagliata. Ma questa supposizione ora non mi sembra più ammissibile, sia perchè la divergenza anteriore dei due tratti era attestata concordemente da due schizzi fatti in grande scala subito dopo la prima osservazione, sia perchè la divergenza di 30° era troppo grande per poterla considerare come un errore nel giudicare delle direzioni. Io sono adunque persuaso, che mutazione reale vi sia stata. Sventuratamente quel memorabile giorno del 26 giugno 1890 fu l'ultimo di una serie di belle serate, e non fu più possibile sorvegliare ulteriormente l'andamento del fenomeno. La Piccola Sirte non potè più essere esplorata bene neppure nella seguente presentazione, che ebbe luogo negli ultimi giorni di luglio e nei primi di agosto. Ciò nullameno si è fatto strada nella mia mente la congettura, che variazioni sensibili nei minuti particolari delle configurazioni di Marte possano prodursi in intervalli minori di un giorno.

1028. Lago Cillenio, Canale Tritone, Lago Tritone. Il fondo della Piccola Sirte nel 1890 era rappresentato da un piccolo lago rotondeggiante, di circa 4° di diametro, designato sulla carta col nome di Lago Cillenio; stando alle mie misure esso si troverebbe appunto sotto l'equatore di Marte. In esso convergevano sette linee o direzioni (anzi otto, contando per due direzioni i lati della Piccola Sirte), che tutte furono visibili nell'intervallo segnato dai giorni 24, 25, 26 giugno; non tutte insieme però. Di queste, dopo la Piccola Sirte le più importanti erano le due quasi opposte, che prese insieme abbiamo finora chiamato canale Tritone, e di cui una va al Mare Cimmerio, l'altra al Lago Tritone dove si congiunge col Nepente e col Thoth. Abbiamo considerato queste due parti come un unico canale alquanto ricurvo, sebbene veramente quest'anno nel disegnarlo più volte si sia presentata la possibilità che le due parti sian piuttosto ciascuna per sè un tratto rettilineo, e che i due tratti si colleghino al Lago Cillenio, formandovi un angolo ottuso molto vicino a 180°. Comunque sia, in tutte le mie osservazioni i fenomeni delle due parti son quasi sempre stati i medesimi, e per ora non vedo sufficiente ragione di separarli come entità distinte. Il canale Tritone fu veduto colla più grande facilità per tutta la durata delle osservazioni, dalla metà di maggio al principio di agosto. La geminazione fu più volte sospettata; comprendeva fra le sue due

linee nella parte di mezzo il Lago Cillenio e nella parte più boreale il Lago Tritone. Il canale così geminato del Tritone parve andasse sempre crescendo; alla fine delle esservazioni era assai più visibile che al principio, quantunque il diametro apparente del pianeta fosse notevolmente diminuito nell'intervallo. — Il Lago Tritone nel senso del meridiano arrivava forse a 6°. Inoltre il 26 giugno (disco X) era anche inscritto nella geminazione del Nepente, ed occupava colla sua nerezza lungo l'asse del Nepente anche più di 6°; forse 8°, come nella carta è indicato. Nulla ho qui veduto dei fenomeni curiosi osservati nel 1877-1879-1882. La neve Atlantica dopo il 1882 non è stata più ritrovata.

1029. Il Nepente ed il Lago Meride. Del Nepente la curvatura e la disposizione furono come nel 1888; sempre fu geminato a partir dal 20 giugno fino al 28 luglio, nè si potrebbe ammettere facilmente che anche prima e dopo non lo fosse; le osservazioni non bastano a decider questo punto. I due tratti neri erano perfettamente uguali fra di loro, alquanto curvi, bene uniformi; lo spazio intermedio apparve distintamente bianco nei giorni 25 e 26 giugno. In quest'ultimo giorno il Lago Tritone avanzò il suo color nero verso destra, in modo da occupar tutto l'intervallo fra i tratti del Nepente sopra l'estensione di un quarto della lunghezza del Nepente stesso per quattro o cinque gradi, mentre dalla parte opposta la Gran Sirte invadeva pure allo stesso modo due o tre gradi dell'altra estremità. Sono fenomeni analoghi a quello prodotto dal Lago Ismenio nella parte destra del Protonilo (§ 972). — Il Lago Meride presentò appunto gli stessi fenomeni, che nel 1888; un grosso punto nero, rotondo, appoggiato al tratto superiore del Nepente geminato; immerso tutto nell'ombra scura in cui si terminava la Libia dalla parte della Gran Sirte. Diametro circa 4°; l'intervallo fortemente ombreggiato fra l'orlo destro del Lago e la Gran Sirte, non era più che 2° o 3°, talvolta forse anche meno. Il colore del Lago era decisamente nero, il perimetro perfettamente definito. Nei giorni d'immagine cattiva l'intervallo fra il Lago e la Gran Sirte scompare e si confonde colle nerezze circostanti. Allora (come avvenne il 22 di maggio) la bocca del Nepente nella Gran Sirte si presenta come un vasto golfo oscuro e mal definito, che si estende sulla parte Sud-Ovest della Regione d'Iside e sulla parte Nord-Ovest della Libia dando in apparenza alla Libia stessa e alla Gran Sirte un aspetto che loro in realtà non appartiene.

1030. La Libia (astraendo da questo falso concetto che della sua configurazione può esser prodotto dalla presenza del Lago Meride quando l'aria non è troppo quieta) si mostrò anche quest-anno come di figura grossolanamente pentagona, ben terminata da ogni parte, salvo che sulle rive della Gran Sirte, dove l'ombra che suol coprire questa regione diventa oscura sempre più, quanto più si procede verso il lato occidentale di essa. Ma anche da questa parte vi è un confine deciso, siccome un ripetuto esame nei giorni 22 giugno e 31 luglio mi ha fatto riconoscere. Il colore della Libia è stato in questa opposizione tanto oscuro, quanto nella opposizione precedente, sempre tuttavia più chiaro, che quello delle isole della Gran Sirte. Poteva definirsi come un giallo-bruno poco luminoso o bruno-cupo, specialmente nei giorni 22-26 giugno. Invece il 31 luglio essa appariva meno scura che nell'antecedente presentazione; è tuttavia da notare, che ciò può dipendere dalla posizione che la Libia occu-

pava sul disco, già un poco lontana dal meridiano centrale, essendo $\omega = 298^\circ$ circa al momento dell'osservazione.

1031. Thoth, Canale Alcionio e Nodo Alcionio. Il Thoth come striscia oscura fu sempre agevolmente visibile dal 22 maggio al 1° di agosto, ma non potè esser studiato con precisione che nei giorni 24, 25, 26 di giugno. Il giorno 24 apparve come una geminazione piuttosto stretta, forse di 3° di larghezza; le due componenti leggermente arenate scendevano giù dal Lago Tritone e andavano a raggiungere il Nodo Alcionio, punto da lungo tempo noto agli osservatori, nel quale concorrono la Boreosirte, l'Eunosto e l'Alcionio canale delle mie carte. La disposizione era press'a poco quella del 1888 (§ 914); ma qui il tratto destro del Thoth era più forte dell'altro e non si protendeva nè l'uno nè l'altro al di sotto del Nodo Alcionio. — Il 25 giugno il tratto sinistro non era più visibile, ed era comparso in sua vece il Parnes; così almeno mi pare di poter concludere dai miei ricordi in disegno ed in iscritto, sebbene non creda di poterlo affermare in modo sicuro. Quello che vidi era una linea straordinariamente tenue, che pareva scender giù dritto dal Lago Cillenio, e toccava le estremità di Efesto. Il tratto sinistro del Thoth, quasi parallelo al Parnes e da esso lontano non più di 6° od 8° poteva essere benissimo confuso col Parnes medesimo, ambe le linee essendo agli estremi limiti di tenuità. Ma il 26 giugno ogni dubbio era levato; sottile, ma certo il Parnes, affatto invisibile il Thoth sinistro, bene visibile il destro (disco X). Il Nodo Alcionio (impropriamente denominato *Sinus Alcyonius* da me nel 1879, §§ 391 e 395) appariva come una piccola macchia meno definita che nell'opposizione precedente (§ 914). Essa raccoglieva i due tratti del Thoth, uno visibile e l'altro per allora invisibile, mentre il Parnes passava qualche grado più ad Oriente. — Dal Nodo Alcionio usciva il canale Alcionio, questa volta uniforme e dritto, come un bel filo nero grosso e ben terminato, mettendo capo nel Lago Sitonio. Tutte le volte che fu veduto parve prolungarsi verso Sud-Ovest infilando il corso dell'Astapo nel modo che or ora si dirà. — Un fatto curioso è stato osservato sul Thoth il 24 giugno; lungo la riva sinistra per tutta la lunghezza fu veduta una zona bianca. Questo era forse un preludio all'apparizione del Parnes, di cui infatti si constatò la presenza nel giorno seguente.

1032. Regione d'Iside, Niceno. Oltre alla zona bianca sopradetta che fu un fenomeno transitorio, nel lembo australe della Regione d'Iside sotto il Nepente in tutte le osservazioni dal 22 giugno al 1° agosto fu notato un bianco vivo, che sotto il Lago Meride diventava quasi brillante. Il 25 e il 26 giugno si riuscì ad accertare, che questo bianco si estendeva anche nello stretto spazio compreso fra le due linee del Nepente geminato. Questo albore nella Region d'Iside non aveva dal lato boreale alcun termine ben definito. Nè l'Athyr, nè il golfo con cui questo sbocca nel Nepente, furono veduti in questa opposizione; finora non si ha di essi che una sola osservazione, fatta nel 1882. Ma in traverso della Regione d'Iside, presso a poco secondo il parallelo 23° Nord, fu vista invece una linea sottile e ben definita, che congiungeva il Thoth con la Nilosirte. Questa linea si trova disegnata nei quattro dischi VII, VIII, IX e X, corrispondenti ai giorni 20, 24, 25, 26 giugno. Essa non figura qui per la prima volta, ma era già stata scoperta dal prof. Per-

rotin a Nizza nei giorni 8 maggio e 12 giugno 1888, e da lui designata alla lettera A. Vedi la mia Memoria VI, § 919; e il volume CVII dei *Comptes Rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi, pag. 163. — In memoria del defunto amico, e del luogo ove questa linea è stata veduta la prima volta, l'ho denominata *Nicenus*.

1033. Astapo. Nelle prime mie delineazioni dell'Astapo esso ha la figura quasi di un pennacchio, o di una cometa con coda sfumata e ricurva (§§ 399, 540, 776). Soltanto nel 1888 era apparso come una linea un po' curvata, ma sufficientemente ben definita (§ 915). Nella presente opposizione, dopo esser stato più volte veduto assai bene ed altre meno, finì coll'abbandonare la sua antica forma ricurva, costituendo coll'Alcionio canale una sola e lunga linea, apparentemente diretta secondo un circolo massimo (dischi VIII, IX, X). L'Astapo si distaccava dalla Nilosirte nel punto di essa più occidentale, press'a poco nella latitudine boreale di 25°, e passando per il Nodo Alcionio proseguiva fino al Lago Sitonio. Così veniva la punta della Gran Sirte a terminare in due code, a dir vero, molto disuguali; cioè nella Nilosirte a destra, e nell'Astapo-Alcionio a sinistra. — Questa configurazione ancora si esagerò e si fece più evidente nella seguente presentazione (31 luglio-1° agosto). In questi due giorni l'Astapo-Alcionio formava una sola linea visibilissima, assai più che nella presentazione antecedente del 24-26 giugno. — Dell'Asclepio nulla si è veduto nel 1890.

1034. Boreosirte e Casio. Questi due oggetti così sovrapposti e intrecciati l'uno coll'altro dànno un esempio sommamente caratteristico del modo con cui le geminazioni, pur conservando il loro carattere geometrico di linee dritte e parallele, si adattano agli accidenti geografici del pianeta. Prima del 1888 nella Boreosirte non si era veduto altro che una grossa linea curvata, cospicua non meno della Nilosirte, formante di questa una continuazione verso il Nodo Alcionio. Tale grossa linea dovette nel 1888 trasformarsi in una geminazione, il che avvenne molto imperfettamente nella maniera indicata sulle carte del 1888 e in quelle annesse alla presente Memoria. Anche nel 1890 la Boreosirte, ridotta di molto quanto a visibilità dovette súbire una parziale deformazione, dando luogo al rettangolo oblungo denominato Casio, il quale da una parte confuso e sovrapposto alla Boreosirte si appoggiava al Nodo Alcionio, mentre dall'altra parte, staccato dalla Boreosirte, si appoggiava al Piramo nei medesimi punti, in cui al Piramo si appoggiava l'Eliconio. Le configurazioni del 1888 e del 1890 non differiscono che in una particolarità; la geminazione del Casio nel 1890 era molto più stretta che nel 1888. Il 26 giugno il Casio formava coll'Efesto, coll'Anian, col Cidno e coll'Eliconio un sistema di geminazioni presso a poco uguali in larghezza, sebbene non tutte ugualmente nere e non tutte ugualmente cospicue (disco X). Intanto l'antica Boreosirte curva, quella che si ha ragione di considerare come una vera e permanente configurazione topografica del pianeta, aveva perduto molto della sua appariscenza, pur conservando il corso e la curvatura di prima. — Sul Piramo vedi qui sopra, § 1020.

1035. Nilosirte. Questa bella striscia oscura, che in larghezza e visibilità supera di gran lunga tutti gli altri così detti canali di Marte, e sembra assolutamente stabile nel suo profilo elegantemente curvato, appartiene senza dubbio alle

configurazioni topografiche permanenti del pianeta. Spesso si presenta come una continuazione della Boreosirte nel luogo ove si dirama a destra il Protonilo: in molte occasioni, specialmente quando il Protonilo è geminato, la Boreosirte e la Nilosirte sono separate da un ponte giallo, analogo al Ponte d'Achille (benchè molto più breve), e analogo a quello che nella presente opposizione fu visto attraversare obliquamente il Lago del Sole. Per quanto si può oggi sapere, la sua apparizione non è di così frequente, anzi ordinaria occorrenza come quella del Ponte d'Achille, ma è certo assai più spesso visibile, che il ponte attraversante il Lago del Sole. Nell'opposizione del 1890 esso da principio non pare che fosse visibile, o almeno non si riuscì ad accertarne l'esistenza (disco I): anzi vi era in quel luogo un nodo di forte ombra, da cui usciva il Protonilo non geminato. Tale era ancora presso a poco lo stato delle cose il 18 giugno (disco VI) e il 20 giugno (disco VII). In quest'ultimo giorno il Protonilo era geminato nella parte mediana, ma non lo era ancora nella sezione più orientale, contigua al Ponte. Il 24 giugno scrissi: « non so, se fra Nilosirte e Boreosirte vi sia il diaframma luminoso del 1882; quasi crederei di sì, ma è cosa di troppo difficile decisione ». Nel disegno fatto in quel giorno (disco VIII) il Ponte non vi è. Forse era in via di formazione? Comunque sia, il giorno seguente 25 giugno era perfettamente formato, il Protonilo geminato nella parte ad esso contigua (disco IX); e tale era pure l'aspetto delle cose nella stupenda immagine telescopica del 26 giugno (disco X). Dopo il 26 giugno non si ebbe più occasione di esaminare con sicurezza particolari così minuti. — Nelle innumerabili vedute, che in parecchi anni io ebbi della Nilosirte mi pare d'aver posto in sodo il fatto, che la sua larghezza, così uniforme, non sia sempre la medesima in ogni tempo, e che variazioni sensibili anche a stima d'occhio abbian luogo da un'epoca ad un'altra. Questa volta, esaminando l'insieme delle osservazioni, credo di poter affermare un accrescimento di larghezza della Nilosirte durante la seconda metà di giugno. Così risulterebbe non solo dal confronto dei dischi VI, VII, VIII, IX e X (che non sarebbe un argomento cogente, data la facilità di commetter errori nel delineare particolarità di carattere meno saliente), ma dalle note stesse del diario di osservazione, dove sotto il 24 giugno si dice che la Nilosirte pareva più larga di prima, il 25 è segnata nelle note come grossa, e come grossa pure il giorno 26. Su questa variabile larghezza della Nilosirte vedi del resto i §§ 536, 668, 774, 905. — Circa l'isola di Meroe e l'Astusape già si è detto quanto basta nel § 966.

1036. Rispetto alla Nilosirte abbiamo ancora da registrare quest'anno il fatto veramente insolito di un *tentativo di geminazione* a cui sembra che essa abbia dato luogo nella già tante volte accennata sera del 26 giugno 1890. Così leggo nel mio giornale d'osservazione sotto quel giorno; essendo $\omega = 291°$: « pare che una sottil linea tagli una piccola fetta dall'isola di Meroe nel suo lato sinistro, parallelamente ad Astusape. Ma devo diffidare, essendovi già un po' di diffusione. Verificare in aria ottima ». Segue uno schizzo dell'isola di Meroe, tagliata nel modo anzidetto, che io ho riprodotto nelle carte annesse alla presente Memoria. Il taglio, lungo forse 10°, si estendeva fra i due paralleli 20° e 30° di latitudine boreale, e separava dalla parte orientale dell'isola un sottile segmento. La linea di separazione era molto tenue, e perciò l'osservazione non può dirsi che sia stata perfettamente sicura; sven-

turatamente non mi fu dato il modo di rinnovarla. Un caso simile è stato osservato il 13 febbraio 1882 nell'Erinni, che può esser considerato come un tentativo di geminazione del Mare delle Sirene (§ 502).

1037. Perimetro della Gran Sirte. — Questo perimetro nella sua parte sinistra non presentò alcuna diversità notabile da ciò che si era veduto e descritto nel 1888. Se mai, vi fu forse diversità in questo: che l'intervallo fra la Gran Sirte e il Lago Meride nel 1890 fu ancora minore, che nel 1888. Esaminando nelle osservazioni e nei disegni tutto quello che si riferisce a tale iatervallo, troviamo una diminuzione continuata dal 1877 al 1884, poi uno stato abbastanza costante dal 1886 al 1890. Io ho già discusso questo punto fin dal 1879, ed ora dall'insieme delle mie osservazioni concludo, che il limite orientale della Gran Sirte può avvicinarsi al Lago Meride e allontanarsene di una quantità sensibile, circa 5° del circolo massimo (Vedi i §§ 397, 401, 535, 670, 917, e le carte delle varie opposizioni). — La riva destra della Gran Sirte dalla parte di Aeria anche nel 1890 ha seguìto una linea abbastanza regolare, salvo il 24 giugno; nel qual giorno (disco VIII) questa riva parve un poco incavata dalle due parti del luogo ove il Tifone metteva foce. Un simile fatto fu osservato nel medesimo luogo il 28 gennaio 1882 (§ 455). Un'altra interruzione di continuità fu osservata anche questa volta presso la foce comune dell'Astusape e dell'Astabora nella Gran Sirte. (Vedi i disegni VI, VII, VIII, IX e X). — Anche questo fenomeno non è nuovo; esso fu osservato nel 1888. Soltanto essendo allora (nei giorni 4, 5, 6 giugno 1888) l'Astabora fortemente geminato, i golfi erano due, ma più piccoli, uno per ciascuna delle due linee dell'Astabora.

1038. Spazi di mezza tinta e linee d'oscurità nella Gran Sirte. — Lo studio di questa parte, uno dei più difficili dell'Areografia, ed uno in cui i diversi osservatori presentano fra loro le discordanze più salienti, non si potè questa volta far bene da me che nei giorni 20, 24 e 25 giugno. Risultò anzitutto come evidente la circostanza, che in nessun luogo la grande area poteva dirsi assolutamente nera, salvo la parte più settentrionale, che partendo dalla cuspide inferiore (bocca della Nilosirte), si poteva supporre estesa fino ad una linea trasversale tirata all'altezza del Nepente, limite posto qui più per fissare le idee, che per altro; ed era piuttosto un graduale passaggio dalla nerezza completa ad un grigio più o meno oscuro. Da quest'ombra, rischiarantesi verso l'alto, uscivano tre linee o piuttosto rami di oscurità prevalente; delle quali l'una lambiva la Regione d'Iside con forte contrasto, e la Libia con contrasto assai minore, ma ben sensibile tuttavia. Questo ramo girava intorno alla Libia fino alla Piccola Sirta, dove si connetteva colla oscurità del Mar Tirreno, in quel luogo molto forte (§ 1024). Gli altri due rami correvano all'insù molto vicini fra di loro e quasi paralleli; partendo dalla Nilosirte procedevano fino ad una macchia oscura posta davanti alla bocca del Tifone; indi continuavano lungo l'isola Pharos, toccando i lembi più orientali della Terra di Deucalione e della Noachide. Così riuscivano a connettersi cogli spazi anche molto oscuri detti Lago di Yao ed Ellesponto, fra Ellade e Noachide (cfr. § 998). Il parallelismo di questi due rami non era tanto perfetto, da simulare una vera geminazione; le due linee divergevano alquanto verso l'alto. Di contro al Nepente la loro distanza era forse di 6°, ma dirimpetto all'Ellade era certamente di 10°. Delle due linee, quella a contatto di Aeria (*Casuentus* di

Lowell) era limitata bene verso destra, ma a sinistra era affatto nebulosa; nebulosa da ambo le parti era l'altra, che non oserei identificare col *Dosaron* di Lowell. L'intervallo fra le due linee era di una tinta giallo-oscura, simile a quella della Terra di Deucalione. Questa striscia più chiara apparve intiera e continua nei giorni 24, 25 e 26 giugno; ma nel giorno 20 era divisa in due parti (o isole oblunghe) dalla macchia scura formatasi alla foce del Tifone, come si é detto più sopra. La parte od isola inferiore poteva considerarsi come rappresentante un pezzo dell'antica Enotria, e sotto questa forma, ma con maggiore estensione era già apparsa nel 1888; ma l'isola maggiore non era stata mai veduta sotto questo aspetto. È da notare ancora, che la macchia nera di fronte al Tifone il 24 giugno pareva avanzata verso destra più che nei giorni 25 e 26: quindi non arrivava a separar intieramente in due la lunga isola sul lato sinistro di questa; ma dall'altra parte invece aveva invaso un lembo del continente di Aeria, peoducendovi il piccolo arretramento di cui sopra abbiamo parlato § 1037. Vedi il disco VIII in confronto degli altri due, VII e IX. — Quanto allo spazio della Gran Sirte a sinistra delle due linee quasi parallele or ora descritte, fino al meridiano della Libia, esso avrebbe dovuto comprendere l'Ausonia inferiore, la Japigia, e la parte più australe d'Enotria; ma nulla fu veduto di tutto questo. Fra l'Ellade, la Libia, e le due linee quasi parallele poco fa descritte non vidi mai altro, che una massa di nebulosità informe, dalla quale la fantasia poteva trarre tutto ciò che si voleva. I miei disegni in questa parte sono pieni di incertezza. — La disposizione di cose esposta in questo paragrafo non fu osservata da me che durante l'intervallo 20-26 giugno. Nel giorno 26 giugno il sig. Stanley Williams la constatava da parte sua a Brighton con un riflettore di 6 ½ pollici di apertura, come rilevo da un suo disegno fatto in quel giorno. Ma egli la aveva veduta già un mese prima; dal suo disegno del 21 maggio appare che in quell'epoca la lunga striscia relativamente chiara comparsa fra le due linee scure quasi parallele non era interrotta dirimpetto alla bocca del Tifone, ma costituiva una sola isola, lunga forse 50° e larga 10° in media. Egli notò pure la forte oscurità che circondava l'isola da ogni parte.

1039. Delle tre linee oscure divergenti che costituivano nel 1890 lo schema fondamentale della Gran Sirte, le due laterali, determinanti il perimetro di essa a destra e a sinistra, erano le stesse press'a poco che nel 1888. La differenza principale sta in quella di mezzo, che nel 1890 era essai più vicine alla riva d'Aeria, che a quella di Libia, e quasi parallela alla prima; mentre nel 1888 seguiva quasi la linea medesima di tutte le Gran Sirte, ed avrebbe potuto considerarsi come la continuazione più naturale delle Nilosirte. Questa differenza, ed altre simili ancora più importanti, che si potrebbero scoprire esaminando e confrontando fra loro le opposizioni passate, mostrano che la Gran Sirte è teatro di variazioni ancora molto più radicali di quelle che s'incontrano nel Mare Eritreo. Egli è certo, per esempio, che nel 1877 e nel 1879 il chiaroscuro della Gran Sirte aveva ben altra disposizione, che quella ora descritta. Basta dire che nel 1888 e nel 1890 la Japigia, e in gran parte l'Enotria sono scomparse, ed in loro luogo si trovano le due isole oblunghe sopra descritte, incuneate in una specie di geminazione grossolana ed imperfetta, a cui è incerto se sia lecito di dare un posto fra le vere geminazioni. Nel medesimo intervallo il chiaroscuro del Mare

Eritreo non subì che variazioni di carattere secondario, per lo più d'intensità nel colore. Noachide, Argyre, le Terre di Pirra e di Deucalione figurano sulle carte del 1888 e del 1890 nelle stesse posizioni che già avevano nel 1877, ed alcune di esse si possono con probabilità riconoscere in disegni molto anteriori al 1877.

CAPITOLO II.

Osservazioni concernenti la costituzione fisica del pianeta e la sua atmosfera.

SEZIONE I.

Macchia polare boreale.

1040. Durante i tre mesi di maggio, giugno e luglio 1890, compresi nelle nostre osservazioni, il polo australe restò sempre invisibile, e ciò spiega l'assenza totale della neve corrispondente dai nostri disegni. Molte volte si vide del bianco più o meno intenso in quella parte del disco; ma tale apparenza era dovuta alla facilità con cui alcune regioni di alta latitudine australe (Thyle, Argyre, Ellade) assumono l'aspetto bianco-brillante quando sono molto vicine al lembo del pianeta. Questo fenomeno, del quale già si è reso conto a suo tempo (§§ 997, 1025, 1026), spiega l'apparenza di neve australe notata da alcuni osservatori. — Lo stesso in generale si può dire di alcuna delle annotazioni pubblicate sulle nevi boreali dell'opposizione del 1890. Anche da questa parte in fatti si notarono macchie bianche o biancastre vicino al polo; notabilissima fra le quali fu la formazione e disparizione rapida di un vasto campo ovale di color bianco splendente, osservata attraverso del Ciduo in uno stesso luogo due volte, cioe il 26 giugno e 30 luglio. Di questa si è data la descrizione nel § 1021, e ne fu segnato il perimetro sulla carta in projezione polare annessa alla presente Memoria. Inoltre frequentemente si notava lungo la parte inferiore del lembo un albore diffuso e mal definito, che non si poteva interpretare come neve polare. Ma una vera calotta polare permanente intorno ad un medesimo punto non fu veduta a Milano nè durante il maggio, nè durante la prima metà di giugno; almeno io non trovo tracce nè nei miei disegni, nè nelle descrizioni verbali.

1041. Però a partir dal 18 giugno incominciò a comparire nella parte inferiore del disco una piccolissima macchia brillante, la quale con sufficiente costanza rimase visibile fino al 1° di luglio. Dopo alcuni giorni di intervallo le osservazioni di nuovo accennano ad una macchia di carattere stabile, durata dal 7 al 13 di luglio; la quale, come si vedrà, probabilmente non era identica alla prima. Dopo il 13 luglio nulla più si vide per tutto il resto delle osservazioni, che terminarono col 2 agosto. La tabella seguente dà conto particolare delle singole osservazioni giorno per giorno, sotto

forma analoga a quella usata nel § 921 per l'opposizione 1888. Questa volta però manca la colonna dei diametri apparenti; la macchia bianca ebbe sempre l'apparenza di un punto più o meno splendente, e non fu mai abbastanza grande da potervi ravvisare e determinare, anche per sola stima, un diametro qualunque. Al più posso congetturare, stando alla mia esperienza di simili casi, che tal diametro difficilmente ha potuto superare 2° o 3° del circolo massimo di Marte, anche quando si presentava alla vista con maggiore evidenza. — Accanto alla data di ogni osservazione, che sta nella colonna I, si è indicato di quanti giorni era passato il solstizio estivo dell'emisfero boreale di Marte (colonna II). Nella colonna III si ha l'inclinazione dell'asse di Marte rispetto al piano del suo disco apparente, ossia la distanza in gradi del polo boreale dal circolo massimo che termina quel disco. Tale inclinazione qui è segnata sempre come positiva, per indicare che il pelo boreale durante tutto l'intervallo considerato è sempre stato nell'emisfero rivolto verso di noi. Nella colonna IV è data la distanza in gradi da esso polo al limite dell'ombra, contata positivamente quando il polo boreale è fuori dell'ombra, negativamente quando è in essa immerso. Questa distanza è misurata dalla lunghezza dell'arco di circolo massimo abbassato dal polo boreale sul circolo d'ombra perpendicolarmente su questo circolo. Nella colonna V è dato l'angolo ψ che segna la differenza di longitudine arcografica fra il meridiano centrale e il detto arco perpendicolare abbassato dal polo sul circolo d'ombra. Questo angolo s'intende contato positivamente a partire dal meridiano centrale verso occidente, nel senso in cui si suppongono crescere le longitudini areografiche. — Si osserverà che nel giorno 3 luglio 1890, in cui ebbe luogo l'equinozio autunnale dell'emisfero boreale, la distanza del polo dal circolo d'ombra ha cambiato di segno, essendo allora il polo entrato nell'ombra. A questo cambiamento naturalmente corrisponde un salto di 180° nell'angolo ψ. — Nella colonna VI è data la longitudine ω del meridiano centrale per l'istante di ciascuna osservazione. Da ultimo la colonna VII riproduce le note riguardanti l'aspetto della neve boreale, quali stanno scritte sul diario.

Data 1890	Del solstizio estivo giorni	Distanza del polo del terminatore	Distanza del polo dall'ombra	Angolo ψ	ω	Annotazioni
Giugn. 18	+ 166	+ 13°,2	+ 3°,6	164°,0	331°	visibile; pare a destra per effetto della fase.
— 19	+ 167	+ 13,3	+ 3,4	163,3	348	non veduta.
— 20	+ 168	+ 13,5	+ 3,2	162,6	316	si vede, ma poco.
— 22	+ 170	+ 13,6	+ 2,7	161,2	292	appena si vede; quasi ne dubiterei.
— 23	+ 171	+ 13,7	+ 2,5	160,6	287	appena discernibile.
— 24	+ 172	+ 13,8	+ 2,2	160,0	273	appena discernibile; manca sul dis. VIII.
— 25	+ 173	+ 13,9	+ 2,0	159,3	264	con molta fatica si riesce a vederla.
— 26	+ 174	+ 14,0	+ 1,8	158,7	266	grande estensione transitoria, v. § 1021.
Luglio 1	+ 179	+ 14,2	+ 0,6	155,8	217	si vede, ma poco.
— 4	+ 182	+ 14,3	— 0,1	334,3	....	nessuna nota, nè disegno.
— 5	+ 183	+ 14,3	— 0,4	333,8	....	nessuna nota, nè disegno.
— 7	+ 185	+ 14,3	— 0,9	332,8	160	abbastanza manifesta.
— 8	+ 186	+ 14,3	— 1,1	332,3	145	ben distinta.
— 9	+ 187	+ 14,3	— 1,3	331,8	135	veduta: manca però nel disegno.
— 10	+ 188	+ 14,3	— 1,6	331,4	133	tracce di neve boreale; mancano nel dis.
— 13	+ 191	+ 14,2	— 2,3	330,1	100	bene visibile.

Nei 20 giorni che seguirono il 13 luglio fino al 2 agosto io ebbi ancora occasione di esaminare lo stato di Marte in tredici sere, delle quali si possono vedere indicazioni più particolari nella tabella data qui sopra, § 957. Per tutto questo tempo le note del mio diario non fanno più menzione della neve boreale; essa manca pure nel disco XII del 15 luglio, che io considero come uno dei migliori della presente opposizione. Soltanto il 31 luglio fu visto ripetersi il fenomeno di una grande espansione bianca di carattere transitorio, già osservato il 26 giugno (vedi § 1021). Quella macchia aveva il suo centro distante più di 20° dal polo, siccome risulta dal disegno del suo contorno, tracciato nella projezione polare della Tavola II annessa alla presente Memoria: e nulla aveva che fare colla neve polare, che è un fenomeno relativamente stabile.

1042. Per comprendere il significato di queste vicende nella visibilità della neve polare boreale, bisogna riferirsi alle osservazioni delle antecedenti opposizioni 1886 e 1888, le quali ci possono dare un'idea delle irregolarità che accompagnano la successiva diminuzione di essa, e la sua finale disparizione. Tali irregolarità si trovano descritte nei §§ 781-787 e 920-935. Dopo un rapido decremento, il quale ha luogo principalmente nelle settimane che precedono e che seguono il solstizio estivo, la macchia boreale si riduce ad un piccolo nucleo quasi esattamente centrato sul polo; talvolta è isolato, altre volte è accompagnato a distanza di pochi gradi da una o più simili macchie secondarie, ordinariamente più piccole che la macchia principale, e meno persistente di essa. L'apparire e lo scomparire di tali macchie sembra piuttosto irregolare; una se ne produce in certa direzione, e dopo alcuni giorni od alcune settimane cessa di esser veduta, mentre lo stesso fatto si può ripetere in altri tempi in altre direzioni. Per tal modo avviene, che talvolta la neve boreale nel suo complesso sembra constare di due parti od anche di tre, delle quali possono esser visibiil una o due o tre od anche nessuna, secondo le varie circostanze che possono influire sul loro grado di visibilità. Il nucleo principale è d'ordinario quello che predomina, talvolta può succedere il contrario, ed è avvenuto anche di vederlo scomparire affatto, lasciando isolata una macchia secondaria; il che non impedisce che detto nucleo non ricompaja più tardi al suo luogo di prima (§ 935). Tutto questo giuoco di apparizioni e disparizioni si produce entro uno spazio di 15° o 20° di diametro, e non è di facile osservazione, richiedendo atmosfera buona e soprattutto precise misure sugli angoli di posizione delle macchie. Esso è complicato ancora dalle ordinarie circostanze che influiscono sulla visibilità di tali macchie, principalmente dalle vicende che introducono la rotazione del pianeta, l'inclinazione del suo asse, e la posizione del circolo d'ombra; per le quali spesso può una macchia scomparire agli occhi dell'osservatore senza che per questo si possa creder realmente svanita. Di fronte a queste difficoltà un osservatore isolato si trova spesso impotente ad abbracciare tutta la multiplicità e la variabilità dei fenomeni. Soltanto il concorso di parecchi osservatori, collocati sulla terra in diverse longitudini e in latitudini non troppo elevate, tutti armati di visione sufficiente, così fisiologica, come istrumentale, può condurre ad una analisi alquanto completa ed alquanto sicura.

1043. Per l'opposizione del 1890 le ossservazioni fatte a Strasburgo dal prof. Wislicenus sono ancora le più istruttive, sebbene fatte in circostanze atmosferiche non molto

buone, le quali lo costrinsero a rinunciare all'uso del refrattore di 18 pollici colà esistente, ed a contentarsi di ciò che si poteva ottenere da un altro telescopio di soli 6 pollici d'apertura, di assai buona qualità per vero dire. Dal 12 aprile al 16 giugno egli vide la macchia boreale nove volte abbastanza bene per misurarne gli angoli di posizione; i suoi risultati sono calcolati ed esposti nel n. 3034 delle *Astronomische Nachrichten*. Wislicenus dà come luogo della macchia da lui osservata 200° di longitudine areografica e 7°,2 di distanza dal polo boreale. Da questo si vede, che la macchia non era la calotta, centrata o quasi centrata sul polo, osservata nelle opposizioni precedenti 1882, 1884, 1886, 1888; ma bensì una macchia secondaria, e precisamente quella stessa, che io ho segnato con I sulle carte del 1888, e di cui, con una discreta sicurezza mi riuscì di determinare la longitudine areografica in 206° e la distanza dal polo in 10°, 3(§ 928). Wislicenus non dà alcuna notizia sull'aspetto e sulle variazioni di splendore; ma sotto questo riguardo le sue osservazioni sono completate da quelle fatte quasi contemporaneamente da Stanley Williams a Brighton, dal 25 aprile al 27 giugno. Nel quadro seguente sono riunite le osservazioni di Wislicenus e di Stanley Williams, con alcune indicazioni che ho creduto utile aggiungere per maggior loro illustrazione.

Data 1890		Dal solstizio boreale giorni	Inclinazione dell'asse	Valore di ω		Note dell'osservatore di Brighton
				a Strasburgo	a Brighton	
Aprile	12	99	5,0	316°	....	.....
—	13	100	5,0	302	....	.....
—	21	108	5,0	236	....	.....
—	25	112	5,1	....	210	piccola.
—	29	116	5,3	...	159	piccola
—	30	117	5.4	....	155	affatto distinta.
Maggio	1	118	5,5	...	144	piccola, bianca, definita.
—	2	119	5,6	....	120	piccola, definita, ovale.
—	3	120	5,7	114	....	.....
—	14	131	7,1	...	22	moderatamente lucida.
—	16	133	7,4	319	....	.....
—	18	135	7,8	....	331	piccola distinta.
—	21	138	8,3	....	301	debole, mal definita.
—	24	141	8,9	....	275	piccola.
—	29	146	9,8	222	...	.....
—	31	148	10,3	....	199	.....
Giugno	2	150	10,6	179	....	piccola, lucida, ben definita.
—	3	151	10,8	164	....	.....
—	12	160	12,4	....	88	non veduta.
—	16	164	12,9	49	....	.....
—	19	167	13,3	....	16	non veduta.
—	26	174	13,9	....	304	non veduta.
—	27	175	14,0	....	297	(grande espansione) v. § 1021.

Notevole è il fatto, che malgrado il forte aumento subìto dall'inclinazione dell'asse (da 5° a 14°) nei tre mesi aprile, maggio e giugno, la visibilità della neve boreale andò piuttosto diminuendo, che accrescendosi in tale intervallo, specialmente per l'osservatore di Brighton. Da ciò noi possiamo concludere che non esisteva alcuna macchia centrale sul polo. Se una tal macchia avesse esistito, forse poteva rimanere occulta sotto l'inclinazione di 5° o 6° durante il mese di aprile; ma certamente non avrebbe potuto rimanere occulta nel giugno all'osservatore di Brighton.

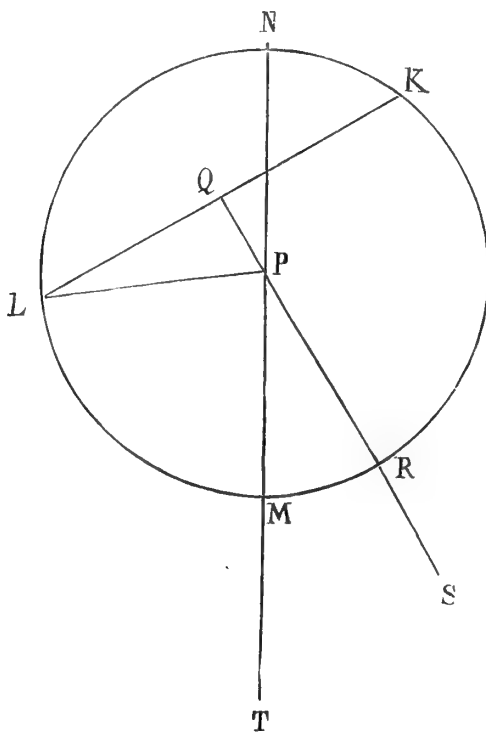
1044. Come poi sia avvenuto, che la macchia secondaria I sia stata osservata coi due piccoli strumenti di Strasburgo e di Brighton per tutto il mese di maggio, mentre a Milano con un telescopio tanto più potente essa rimase invisibile (o almeno non veduta) fino a tutto il 17 giugno, è cosa difficile da spiegare. Lo stesso enigma, anzi un enigma molto maggiore presentano le osservazioni californiane fatte all'osservatorio Lick nell'intervallo 3 aprile-6 luglio, durante il quale il pianeta fu disegnato dai tre astronomi Holden, Schaeberle e Keeler, senza che mai neppure una volta vi comparisse accenno alla neve boreale [1]. Parrebbe adunque che le macchie polari di Marte riescano più spiccate nei minori telescopi e colle minori complificazioni. Io propenderei a credere, che ciò dipenda dal colore che prendono le immagini delle stelle (e quindi anche dei dischi planetari) nei grandi telescopi sotto forti amplificazioni; colore che dà alle stelle un'apparenza per lo più giallo-verde, anche quando si tratta di stelle bianche. Per le osservazioni di Milano poi vi è a tener conto dell'uso da me costantemente praticato di interporre un vetro giallo davanti all'oculare (§§ 283, 791). Se questo giova a render più perfetto il monocromatismo dei nostri due telescopi, ha però l'inconveniente di dare all'immagine di Marte una tinta generale gialla, anche nelle parti bianche; con che il contrasto di coloro fra le aree bianche e le gialle circostanti resta naturalmente diminuito. — Notisi ancora, che le osservazioni del maggio fatte a Milano ebbero tutte luogo in condizioni di cattiva atmosfera, come si può riscontrare nella tabella del § 957 (con una sola eccezione del 16 maggio); ora che questo sia un grave impedimento all'osservazione delle macchie polari, e più nei grandi telescopi, che nei piccoli, è stato verificato anche da Wislicenus (*Astronomische Nacrihchlen*, n. 3034, col. 161). Questo stato di cose può anche dar ragione del non esser stata veduta la neve boreale a Milano nei primi giorni del giugno, fino al 4. Nell'intervallo dal 4 al 16 giugno essa non fu veduta nè a Milano, nè a Brighton, nè a Strasburgo, e forse passò per un *minimum* di appariscenza. Ad ogni modo la serie delle belle giornate cominciata col 16 giugno e terminata col 26 diede a Milano il segnale del principio delle osservazioni, mostrando che in realtà la macchia polare esisteva, benchè molto esile e che molta attenzione era necessaria per accertare la sua presenza.

[1] Debbo la cognizione di questo fatto a cortesi comunicazioni del prof. Holden, allora Direttore dell'Osservatorio Lick. Egli è vero che a cagione principalmente della differenza di longitudine le osservazioni californiane sono state fatte circa dieci ore più tardi che le nostre, e corrispondono a valori di ω che in media superano i nostri di 146°. Ma queste osservazioni hanno durato circa tre mesi, e corrispondono a valori di ω abbastanza bene distribuiti su tutta la circonferenza da $\omega = 0°$ ad $\omega = 360°$: ed è facile comprendere, che la neve boreale avrebbe dovuto esser osservata anche all'Osservatorio Lick, quantunque in epoche diverse dalle epoche in cui fu veduta dagli osservatori d'Europa.

1045. La neve fu veduta da me per la prima volta il 18 giugno, e poi in ogni giornata di osservazione con discreta continuità fino al 13 luglio: dopo quel giorno scomparve, sfuggendo a tutte le più diligenti ricerche. Io credo di poter dimostrare, che la macchia così osservata per 26 giorni continuamente è stata la medesima, che diede argomento alle osservazioni di Wislicenus e di Stanley Williams: od almeno, che le osservazioni di Milano si accordan bene con questa supposizione. Perciò rispetto alla visibilità della neve boreale distingueremo per le osservazioni di Milano tre periodi: cioè l'invisibilità totale prima del 18 giugno, la continua visibilità del 18 giugno al 13 luglio, e la seconda invisibilità dal 13 luglio alla fine delle osservazioni. — Se noi ora ammettiamo che la macchia veduta a Milano fosse quella già prima osservata a Strasburgo ed a Brighton, e adottiamo quindi per essa la distanza polare 7°,2 determinata da Wislicenus, dovremo concludere che essa descriveva, ad ogni rotazione di Marte, con parallelo del diametro 14°,4. Ora dalla Tabella del § 1041 appare che la distanza del polo al limite dell'ombra il 18 giugno era già ridotta a 3°,6; onde un arco assai notabile di esso parallelo (un terzo di tutta la circonferenza) giaceva nell'ombra, e nei giorni seguenti una porzione sempre maggiore, così che il giorno 3 luglio (equinozio autunnale dell'emisfero boreale) il polo si trovava sul contorno dell'ombra, e una intiera metà del parallelo percorso dalla neve era oscurato. L'invisibilità della neve polare nel primo e nel terzo di quei periodi accennati ha potuto dunque dipendere non da reali mutazioni della neve, ma dal suo occultarsi nell'ombra del pianeta al momento delle osservazioni. E così sembra che sia stato.

1046. Nell'annessa figura, in cui il piano del foglio è supposto rappresentare il piano tangente al globo di Marte nel punto del polo boreale, sia P questo polo, PM il meridiano centrale, il cui piano passa per la Terra supposta proiettata in T. Il circolo della figura rappresenti il parallelo descritto dalla neve in una rotazione del pianeta. Sia KL l'arco di circolo massimo che rappresenta il limite dell'ombra; PQ la distanza del polo boreale da questo limite, PS la traccia di quel piano meridiano di Marte che contiene il Sole S al momento dell'osservazione. La neve boreale sarà illuminata per tutto intiero il parallelo da essa descritto finchè la distanza PQ sarà maggiore dell'arco PM; nel caso contrario, che noi intendiamo di considerare (e che ha sempre avuto luogo durante il periodo delle osservazioni di Milano) il circolo d'ombra dividerà il parallelo in due parti LNK, LMK, delle quali la prima giacerà nell'oscurità, la seconda vedrà il Sole. Se questa parte LMK sarà tutta compresa entro il terminatore e giacerà tutta nell'emisfero di Marte rivolto verso la Terra (ciò che ha sempre luogo nel caso presente) la macchia polare sarà visibile per tutto il tempo che essa impiegherà a percorrerla: sotto i nostri occhi ella uscirà alla luce del Sole in L, giunta in R avrà il suo mezzodì e la massima illuminazione, e ritornerà nella notte in K. L'angolo MPQ sarà la differenza di longitudine areografica fra l'arco PQ e l'arco PM, quello che più sopra abbiamo chiamato ψ, contandolo positivamente da M verso L nel senso in cui crescono le longitudini areografiche e nel senso contrario a quello della rotazione del pianeta.

1047. Nella tabella del § 1041 è dato per il tempo di ogni osservazione il valore della distanza PQ, che è sempre minore di PL = 7°,2 raggio del parallelo descritto dalla neve secondo Wislicenus. Dal rapporto di PQ a PL per mezzo dal trian-

golo sferico rettangolo PQL si potrà facilmente dedurre l'amplitudine dell'arco LR = KR. La medesima tabella dà l'angolo MPQ = ψ, quindi anche l'amplitudine di MR, che sarà 180° — ψ. Onde sarà facile determinare LM = LR — MR e KM = KR + MR. Quindi data la longitudine areografica ω del meridiano centrale, cioè del punto M, sarà ω + LM la longitudine areografica del punto L, in cui la neve comincia a diventar luminosa, e ω — KM la longitudine areografica del punto K dov'essa di nuovo si nasconderà nell'ombra. — Ora poichè dai calcoli di Wislicenus risulta che la longitudine areografica della neve osservata da lui era 200°; se la neve osservata a Milano è identica a quella di Wislicenus, dovrà il punto di longitudine 200° trovarsi lungo l'arco LMK e non lungo LNK, per tutte e singole le osservazioni riferite

nella tabella § 1041. — Io non addurrò qui tutti i particolari di questo calcolo e mi limiterò a dire, che la condizione or ora enunciata si verifica per tutte le osservazioni di Milano [1], che pertanto nulla si oppone all'ipotesi, che la neve da me veduta

[1] Eccetto che per l'ultima del 13 luglio, per la quale il calcolo darebbe un istante di emersione dall'ombra alquanto posteriore al momento in cui la neve già si era fatta visibile a Milano. Ma quel calcolo è fatto nella supposizione che la neve sia un punto luminoso e non abbia alcuna estensione apprezzabile. Per accordarlo coll'osservazione basterebbe supporre alla macchia secondaria I una estensione di 6° od 8° nel senso del parallelo; ciò che dell'ispezione delle carte del 1888 non risulterebbe affatto improbabile. Devesi inoltre notare, che la posizione areografica della macchia, data da Wislicenus, è soggetta ad una incertezza relativamente assai grande (*Astr. Nachr.* n. 3034 col. 163).

fra il 18 giugno e il 13 luglio sia la stessa che antecedentemente era stata osservata da Wislicenus e da Stanley Williams, cioè la principale delle nevi secondarie vedute già nel 1888 e da me allora designata con una I sulle carte di quell'anno. L'identità io considero come probabile, non però come pienamente provata.

1048. Rispetto all'esistenza di una macchia nevosa centrata sul polo le osservazioni di Milano danno, per la seconda metà di giugno, e per i primi giorni del luglio la stessa probabilità negativa, che per le epoche anteriori risultano dalle osservazioni di Strasburgo e di Brighton. Fino al 3 di luglio il polo boreale di Marte fu illuminato dal Sole; se esso fosse stato coperto da una macchia principale comparabile in estensione alla macchia secondaria I, senza dubbio sarebbe stato possibile osservarla non solo fino a quella data, ma anche per parecchi giorni dopo. Di quello che avvenne più tardi nella seconda metà di luglio e nelle settimane consecutive nulla possiamo dire. L'ombra della notte dopo il 13 luglio andò occupando una estensione sempre maggiore sulle regioni polari. Se da una parte essa impediva osservazioni ulteriori della macchia secondaria I quale fin allora era stata veduta, d'altra parte ha potuto anche, a cagione della diminuita radiazione solare, favorire una maggior estensione della medesima, e dar luogo eventualmente alla formazione di nuove macchia sul polo o fuori di esso. Con questo s'intenderebbe l'affermazione di Flammarion, secondo il quale (*La Planète Mars*. vol. I, p. 468) nell'agosto una calotta boreale sarebbe di nuovo apparsa, e durante quel mese sarebbe venuta crescendo. Sventuratamente, per quanto mi è noto, in quell'epoca non si fecero osservazioni regolari e continuate.

Sezione II.

Sulle geminazioni osservate nel 1890.

1049. Nell'opposizione del 1890 le geminazioni apparvero anche più numerose che nel 1882 e nel 1888. La lista seguente è compilata nello stesso modo che quella delle geminazioni del 1888, annessa al § 957.

I. *Canali geminati.*

Numero	Nome	Data della prima osservazione	Data dell'ultima osservazione	Carattere della geminazione e note
1	G. Sabeo I. . .	18 giugno	25 luglio	in Aeria; evidente e forte, ma strettissima.
2	G. Sabeo II . .	15 —	25 —	in Edom; evidente e forte, ma strettissima.
3	Istmo di Deucal.	15 —	25 —	forte, evidente, ma breve.
4	Eufrate	18 —	28 —	sfumata e poco visibile, rossa.
5	Phison	18 —	28 —	sfumata e poco visibile, rossa.
6	Oronte	18 —	24 giugno	larga e breve, non molto cospicua.
7	Astabora	24 —	25 —	abbastanza evidente.
8	Callirroe	20 —	20 —	due linee delicate e poco visibili.
9	Protonilo	20 —	28 luglio	geminazione parziale, ma perfetta.
10	Giordano	19 luglio	19 —	bella a tratti disuguali.
11	Gange	15 —	19 —	geminazione stretta di disuguali.

Numero	Nome	Data della prima osservazione	Data dell'ultima osservazione	Carattere della geminazione e note
12	Nilokeras. . . .	6 giugno	19 luglio	larga e forte; sempre visibile, ma poco regolare.
13	Nilo.	6 —	16 —	larga e pallida.
14	Ceraunio	6 —	16 —	larga, imperfetta, sbiadita.
15	Uranio	4 —	4 giugno	larga mal definita, poco visibile.
16	Aromata	17 luglio	19 luglio	brevissima, ma evidente.
17	Chrysorrhoas. .	9 giugno	15 —	grande ed evidente, molto sfumata.
18	Calydon, Geryon	6 —	16 —	non parallele le linee, ma in evidente relazione.
19	Aurea Cherso .	15 luglio	17 —	lungo la riva del Mare Eritreo.
20	Ulisse.	15 —	15 —	pallida e confusa, ma non dubbia.
21	Gigante.	4 giugno	10 —	grande, ma malissimo definita.
22	Piriflegetonte .	9 luglio	10 —	pallida, nebulosa, confusa.
23	Eumenide . . .	15 —	16 —	grande, ma pochissimo marcata
24	Orco	1 —	1 —	benissimo visibile.
25	Lestrigona . . .	4 —	4 —	stretta e parziale; ben delineata.
26	Granico.	4 —	4 —	molto larga e ben disegnata; ma breve.
27	Propontide . . .	9 —	9 —	non bene distinta, ma scura molto.
28	Ciclope	26 giugno	2 agosto	stretta, ma ben definita.
29	Eunosto	24 —	1 luglio	larga e definita, un po'pallida.
30	Efesto I	25 —	26 giugno	larga, ben definita, pallida.
31	Efesto II. . . .	26 —	26 —	larga, ben definita, pallida.
32	Anian	24 —	26 —	evidente, larga e bella.
33	Cidno.	26 —	26 —	evidente, larga e bella.
34	Eliconio	24 —	26 —	evidente, larga e bella.
35	Gyndes	4 luglio	4 luglio	non bene osservata.
36	Esperia	26 giugno	26 giugno	ben visibile, ma poco definita.
37	Nepente.	20 —	31 luglio	grande ed evidente.
38	Picc. Sirte . . .	26 —	26 giugno	variabile.
39	Casio	24 —	26 —	bella, evidente.
				II. *Geminazione dei laghi.*
1	Lago Sirbonide	18 giugno	18 giugno	due punti neri sull'Eufrate occidentale.
2	Lago Ismenio .	18 —	28 luglio	due grosse macchie rotonde lungo il Protonilo.
3	Lago Aretusa .	20 —	20 giugno	due punti neri lungo l'Eurialo.
4	Fonte Dirceo. .	19 luglio	19 luglio	geminato nel senso stesso che il Giordano.
5	L. della Luna .	15 —	19 —	geminazione larga nel senso del Nilokeras.
6	L. del Sole. . .	9 giugno	17 —	evidentissima, le due parti disuguali.
7	Lago Titonio .	9 —	16 —	due laghi triangolari uguali.
8	L. della Fenice	15 luglio	16 —	due piccole macchie nere lungo il Fasi.
9	Trivio	4 —	4 —	geminazione nel senso medesimo che l'Orco.

1050. Ammettendo che le geminazioni siano un fenomeno periodico legato alla rivoluzione di Marte intorno al Sole (cosa non ancora ben provata, e di cui la decisione dovrà essere riservata ad un avvenire non tanto prossimo) si può domandare se lo stato delle geminazioni osservato nel 1890 possa considerarsi come una continuazione di quello del 1888. A questo riguardo noteremo che l'equinozio autunnale dell'emisfero boreale di Marte ha avuto luogo nel 1888 il 15 di agosto, nel 1890 il 3 di luglio; l'intervallo è di giorni 687. — Invece, considerando soltanto le osservazioni buone (quelle fatte nelle circostanze d'atmosfera designate con I e II nella tabella dei §§ 794 e 957) si rileva che l'epoca *ultima* delle buone osservazioni nel 1888 fu addì 13 giugno, mentre nel 1890 l'epoca *prima* di tali buone osservazioni fu il 9 giugno. L'intervallo trascorso è di giorni 726. Sottraendo da questi i 687 giorni della rivoluzione di Marte, si può concludere, che le prime osservazioni del 1890 sono state fatte con 39 giorni di ritardo rispetto alle ultime del 1888, lasciando scoperto e non controllato con buone osservazioni un arco dell'orbita, che il pianeta impiega 39 giorni a percorrere. È questo un intervallo di tempo nel quale possono avvenire sul pianeta grandi e radicali mutazioni di aspetto. Perciò, quando anche l'ordine dei fenomeni di Marte fosse strettamente legato al suo periodo rivolutivo, non potremmo considerare le osservazioni del 1890 come facienti seguito, immediato e senza lacuna, alle osservazioni del 1888. — Ma lo studio delle nevi polari ha già dimostrato che l'ordine dei fenomeni di Marte non segue un periodo strettamente uniforme. Vi è certo una approssimata periodicità, ma quella è soggetta a fluttuazioni notevoli, come avviene per le vicende meteorologiche della Terra; le quali benchè dipendano dall'anno tropico, risultano notevolmente diverse quando si faccia il paragone fra due anni consecutivi. Queste riflessioni bastano a far comprendere quanto incomplete e frammentarie sono le osservazioni che ci è dato di fare, e quanto siamo lontani da uno studio compiuto e continuato delle vicende che si producono alla superficie di Marte con rapida successione, anche quando non si trascuri alcuna favorevole opportunità e si segua il pianeta in tutte le opposizioni.

1051. La considerazione della tabella delle geminazioni osservate nel 1890 conduce a qualche risultato non privo d'interesse. Anzitutto è notevole il loro numero, che supera quello di tutte le campagne areografiche antecedenti; infatti

nel 1877 si videro geminazioni 0:
nel 1879 . . . . 1:
nel 1881-82 . . . . 31:
nel 1884 . . . . 27:
nel 1886 . . . . 6:
nel 1888 . . . . 28:
nel 1890 . . . . 48:

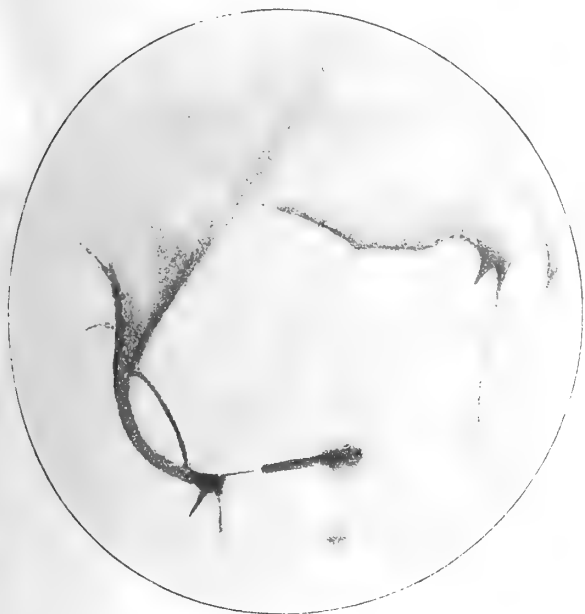
In questi numeri hanno un'influenza grande tutte le accidentalità, dalle quali la osservazione di una geminazione dipende, specialmente le variazioni della nostra atmosfera. Se, per esempio, in questa stessa opposizione del 1890 il tempo avesse impedito le numerose e ottime osservazioni del 26 giugno, quante cose di meno avrei avuto a riferire! Parlando delle geminazioni, nella loro lista data qui sopra

§ 1049 sarebbero mancate non meno di quattro, cioè quelle del Cidno, di, Esperia, della Piccola Sirte, e la geminazione di geminazioni data dall'Efesto; delle quali le ultime tre sono fenomeni non prima veduti e affatto insoliti. E una forte agitazione atmosferica, che fosse avvenuta a Milano la sera del 4 luglio avrebbe tolto alla lista ancora altre quattro geminazioni, quelle dell'Uranio, del Lestrigone, del Granico e del Trivio. — Però, anche tenendo conto di queste circostanze nella statistica annuale delle geminazioni, non si potrà dubitare, che vi sono anni assai ricchi di geminazioni e anni assai poveri; poverissimi per esempio ne furono 1877, 1879 e 1892, ricchi invece 1882, 1884, 1888, 1890. Per ora basti aver constatato il fatto; chè sarebbe prematuro il perdersi in congetture adesso in tale argomento.

1052. Nell'opposizione 1890 si è avuto occasione di assistere a fenomeni non prima osservati. Tali sono la geminazione o divisione del Lago del Sole, la restituzione del Ponte d'Achille; i laghi Sirbonide, Aretusa, Fenice, Ismenio, geminati sotto forma di due piccole macchie oscure uguali; la mutazione della Piccola Sirte da geminazions divergente in geminazione parallela, avvenuta entro brevissimo intervallo; Efesto quadrigemino; tutte le sinuosità che presentava il Grande Diaframma dal Corno d'Ammone al Golfo delle Perle spianate di un tratto con doppio taglio, da ultimo la corona di geminazioni parallele al Grande Diaframma, e distribuite lungc il medesimo della Gran Sirte alla punta dell'Aurea Cherso, sono cose ben degne di meditazione per chi voglia preparare una base veramente scientifica alla spiegazione dei fenomeni di Marte. Ciò che ora più di tutto abbisogna è l'osservazione diligente, *accompagnata da misure*, di tutte le più minute ed in apparenza insignificanti particolarità dei medesimi, e la loro descrizione esatta, fatta con animo libero da ogni preoccupazione teorica. Sotto questo riguardo tutto dobbiamo sperare dalla fotografia, specialmente dopo le prove, che Percival Lowell e i suoi coadiutori son riusciti ad ottenere nel 1907. Io ho studiato minutamente alcune di esse, e da questo esame ho acquistato la convinzione, che fra qualche anno, vinti alcuni ostacoli che ancora rimangono, saranno dissipate tutte le diffidenze e sciolti tutti i dubbi, con cui alcuni Astronomi anche al presente considerano certi risultati delle recenti osservazioni areografiche.

MARE AUSTRALE
Thyle I
Thyle II
Argyre II
Phaetontis
Electris
Eridania
Ausonia
Hellas
Chersonesus
Noachis
Argyre I
MARE ERYTRAEUM
HADRIATICUM M.
TYRRHENUM M.
Hesperia
CIMMERIUM
MARE
Atlantis
M. SIRENUM
Deucalionis Regio
Sinus Sabaeus
SYRTIS MAJOR
SYRTIS MINOR
Lybia
Aëria
Arabia
Edom
Eden
Thymiamata
Chryse
Pyrrae R.
AURORAE SINUS
Aurea Cherso
Thaumasia Felix
SOLIS LACUS
Icaria
MARE SIRENUM
Memnonia
Ophir
Dædalia
Nodus Gordii
Amazonis
Tharsis
Elysium
TRIVIUM
PROPONTIS
Tempe
Arcadia
MARE BOREUM
Baltia
Nerigos
Cydonia
Dioscuria
Meroe I.
Nilosyrtis
ISMENIUS LACUS
LACUS NILIACUS
SINUS ACIDALIUS
Tartarus
Titan
Arimanes
Eumenides
Orcus
Erebus
Hades
Styx
Minos
Avernus
Laestrygon
Cerberus
Euphrates
Indus
Hydaspes
Jordanis
Deuteronilus
Protonilus
Phison
Typhon
Ganges
Phlegeton
Pyriphlegeton
Gigas
Halex
STAB. L. SALOMONE ROMA

MARS 1890.

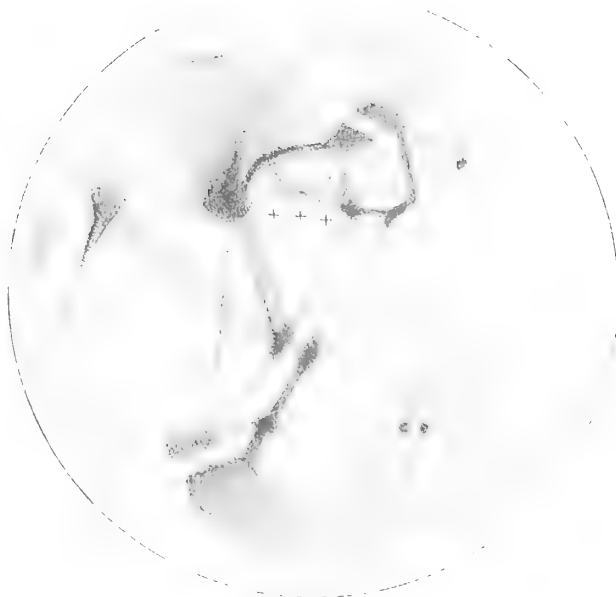
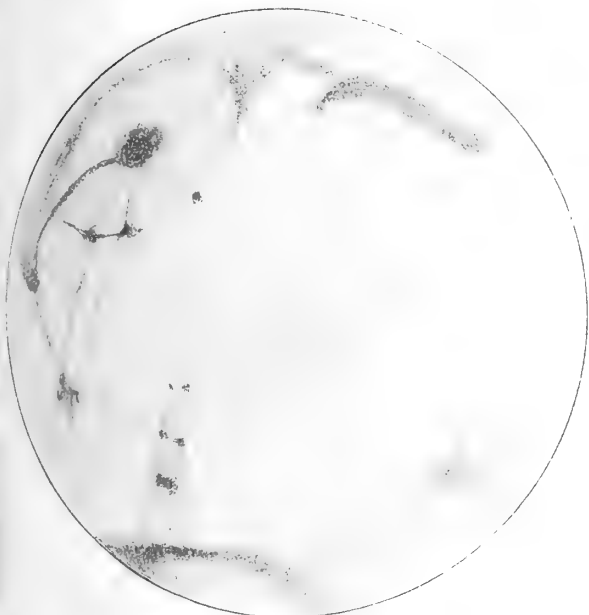
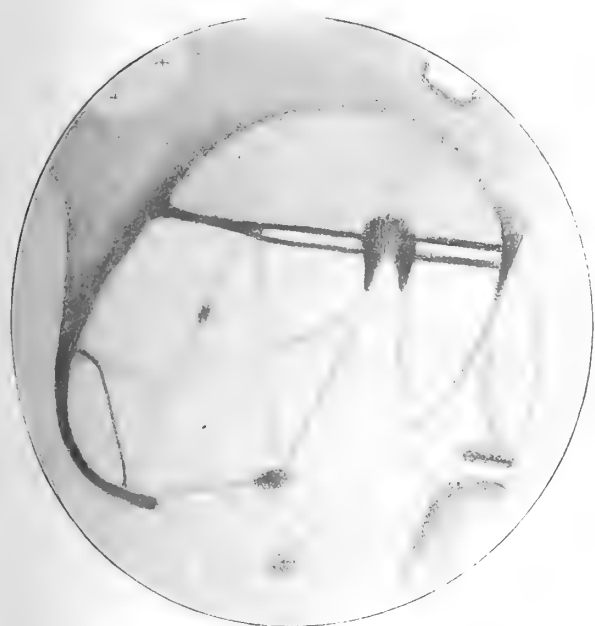
Hemisphærium Martis boreale ex observationibus anni 1890.

1890 Maggio 16 ω = 320°

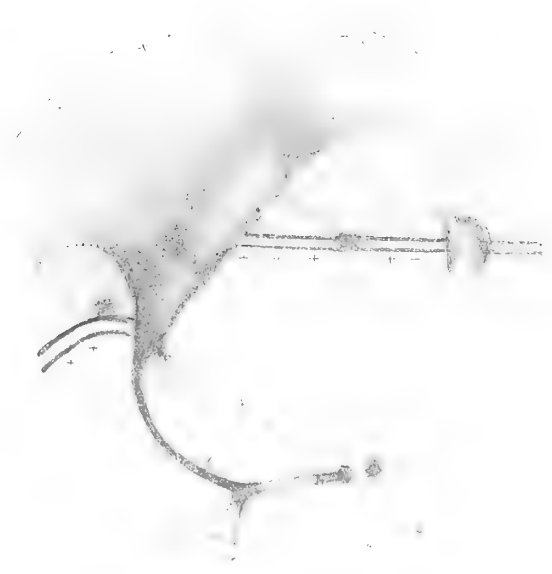
1890 Giugno 9 ω = 70°

1890 Giugno 6 ω = 120°

1890 Giugno 15 ω = 0°

Off. Fototecnica Ing. Molfese - Torino

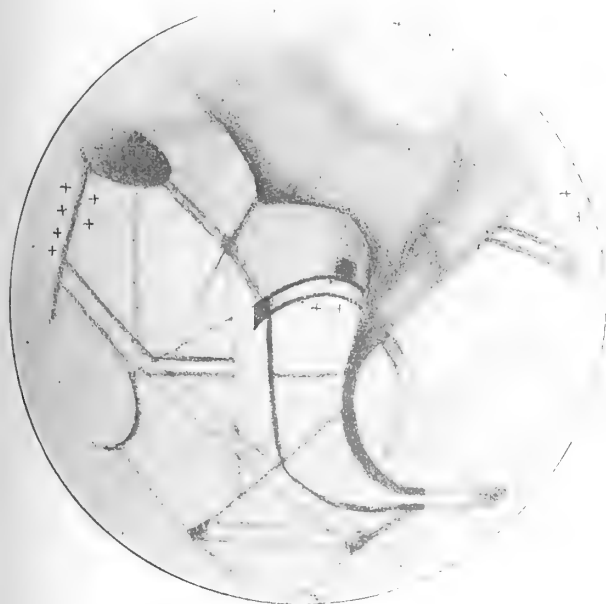
V

1890 Giugno 16 ω = *340°*

VII

1890 Giugno 20 ω = *310°*

VI

1890 Giugno 18 ω = *320°*

VIII

1890 Giugno 24 ω = *280°*

Off. Fototecnica Ing. Molfese - Torino

IX

1890 Giugno 25 ω = 270°

XI

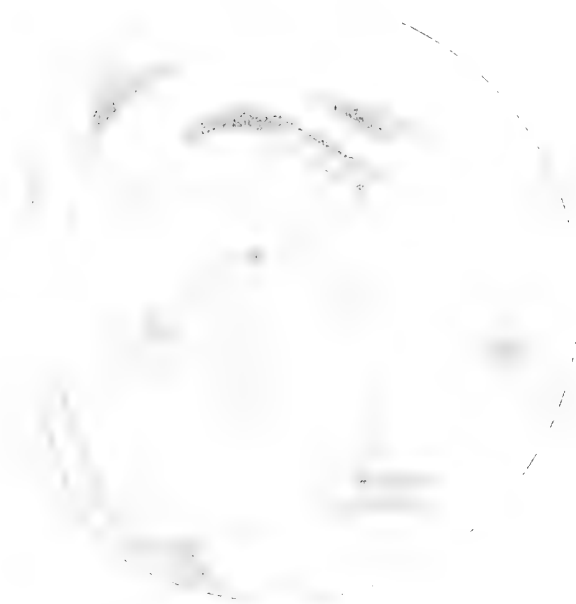
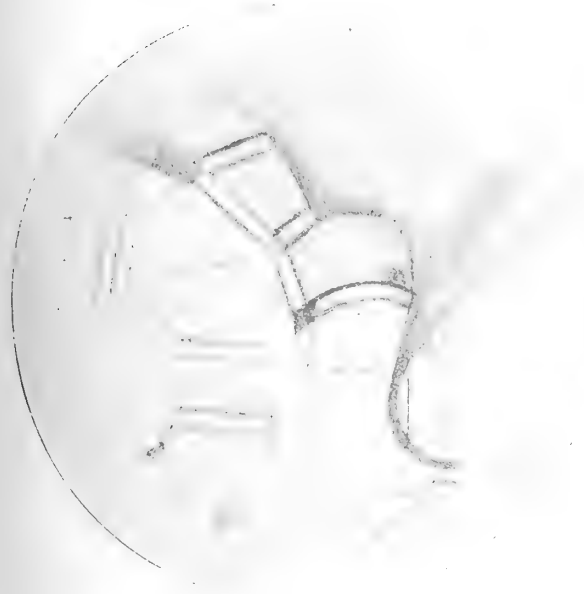
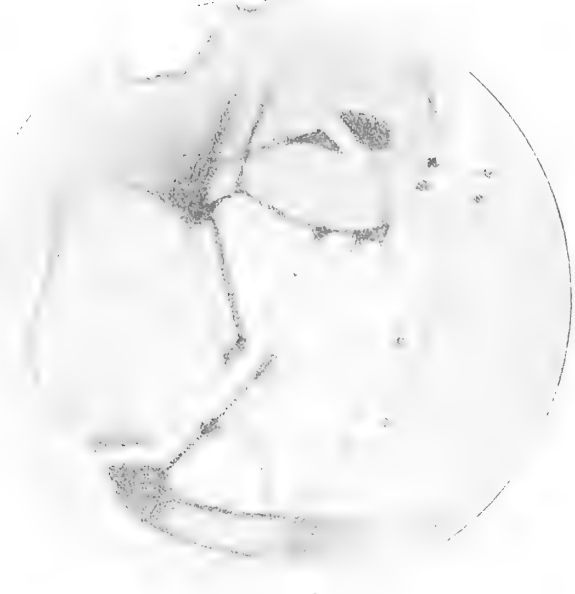
1890 Luglio 9 ω = 150°

X

1890 Giugno 26 ω = 260°

XII

1890 Luglio 15 ω = 70°

Off. Fototecnica Ing. Molfese - Torino

RELAZIONE

letta a nome dei Soci LEVI-CIVITA, relatore, e RICCI, nella seduta del 6 febbraio 1910, sulla Memoria del prof. W. STEKLOFF, intitolata: *Sur l'existence des fonctions fondamentales correspondant à une équation différentielle linéaire du second ordre.*

Già fin dal 1896, l'A., valendosi del metodo di Schwarz-Poincaré, aveva stabilita l'esistenza delle soluzioni fondamentali e la possibilità degli sviluppi in serie di tali funzioni, sotto una certa ipotesi restrittiva.

In modo preciso, per una equazione

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \{p(x) - kq(x)\} V = 0 ,$$

in cui p e q sono funzioni *positive* in un intervallo (a, b) e k è un parametro costante, egli aveva dimostrato:

A) l'esistenza di infiniti valori (eccezionali) di k, cui corrispondono funzioni fondamentali caratterizzate dalle condizioni ai limiti:

$$\frac{dV}{dx} - hV = 0 \quad \text{per } x = a,$$

$$\frac{dV}{dx} + HV = 0 \quad \text{per } x = b \quad (h \text{ e } H \text{ costanti positive});$$

B) che ogni funzione continua nell'intervallo (a, b) è sviluppabile in serie di funzioni fondamentali.

La restrizione $p(x) > 0$ non è accidentale, ma — come ben fa rilevare il signor Stekloff — imposta dalla natura delle cose, in quanto si miri alle conclusione B).

Tuttavia, dopo che la teoria delle equazioni integrali ha dato nuovi impulsi a questo genere di ricerche, alcuni autori hanno preso a considerare la proprietà A) per

se stessa, e si sono proposti di generalizzarla lasciando cadere la restrizione che la funzione $p(x)$ si mantenga sempre positiva. L'estensione è stata effettivamente raggiunta per vie diverse. Ritiene l'A. che nessun procedimento sia, per semplicità e spontaneità di metodo, preferibile a quello che risulta da una lieve modificazione delle sue precedenti ricerche.

L'interessante Memoria, che di ciò rende ragione, appare ben meritevole di integrale inserzione nei volumi accademici.

Sur l'existence des fonctions fondamentales correspondant à une équation différentielle linéaire du second ordre,

par M. W. STEKLOFF

1. Dans mon Mémoire: *Sur le problème de refroidissement d'une barre hétérogène*, inséré (en russe) dans les Communications de la Société Mathématique de Kharkow, en 1896, j'ai montré pour la première fois que *la méthode connue de Schwarz-Poincaré, convenablement développée, conduit à la fois à la solution de deux problèmes suivants*, également importants pour l'Analyse ainsi que pour la physique mathématique:

Problème (A): Démontrer l'existence des *nombres caractéristiques*

$$\lambda_k \ (k = 1, 2, 3, \ldots)$$

et des *fonctions fondamentales* $V_k(x)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ satisfaisant aux conditions:

$$(1) \qquad \begin{aligned} &\frac{d^2V_k(x)}{dx^2} + (\lambda_k p(x) - q(x))\, V_k(x) = 0, \quad a < x < b, \\ &\frac{dV_k}{dx} - hV_k = 0 \quad \text{pour} \quad x = a, \\ &\frac{dV_k}{dx} + HV_k = 0 \quad \text{pour} \quad x = b, \end{aligned}$$

où $p(x)$ et $q(x)$ sont des fonctions données, h et H des constantes données positives.

Problème (B): Démontrer la possibilité du développement d'une fonction arbitraire $f(x)$ en série infinie procédant suivant les fonctions fondamentales

$$V_k(x) \ (k = 1, 2, 3, \ldots).$$

Une démonstration plus simple, je l'ai donnée dans ma Note, portant le même titre, présentée à l'Académie des Sciences de Paris le 17 janv. 1898.

J'ai exposé ensuite l'analyse détaillée, avec des résultats encore plus généraux, dans mon Mémoire: *Problème de refroidissement d'une barre hétérogène*, publié en 1901 dans les Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse (2e sér., t. III).

Ayant en vue le but principal à montrer que la méthode de Schwarz-Poincaré non seulement conduit à la démonstration de l'existence des fonctions fondamentales,

mais, ce qui est particulièrement important, fournit encore un moyen simple pour résoudre le second problème (B), je me suis borné, dans mes recherches, à la supposition que la fonction donnée $p(x)$ reste positive et ne s'annule pas dans l'intervalle (a, b), ce qui est essentiel pour la possibilité du problème (B).

Récemment MM. Mason, S. Sanielevici et Mauro Picone ont publié leurs recherches pour établir l'existence des nombres caractéristiques λ_k et des fonctions fondamentales $V_k(x)$, vérifiant les équations (I), dans le cas général, où la fonction $p(x)$ est assujettie à une seule condition d'être continue dans l'intervalle (a, b). M. Mason ramène le problème à un problème des *minima*, MM. Sanielevici et M. Picone transforment l'équation différentielle en équation fonctionnelle abelliènne, étudiée pour la première fois par M. Vito Volterra et puis par MM. Fredholm et Hilbert, qui ont développé la théorie générale de ces équations, connues maintenant sous le nom d'équations intégrales (Integralgleichungen) [1].

Il peut sembler que l'hypothèse que $p(x)$ reste positive dans l'intervalle donné est essentielle pour l'application directe de la méthode de Schwarz-Poincaré à la démonstration de l'existence des fonctions fondamentales, c'est à dire pour la solution du problème (A), par cette méthode (Voir, par exemple, le Mémoire cité de M. Sanielevici, Annales de l'École Normale, 1909, pag. 22).

Or, il est aisé de s'assurer qu'une modification légère des raisonnements de mon Mémoire: *Problème de refroidissement* etc., suffit pour résoudre le problème (A) dans toute sa généralité, sans recourir aux considérations assez compliquées et, à mon point de vue, etrangères au problème pris en lui même.

2. Considérons l'équation (Voir mon Mémoire: *Problème de refroidissement* etc., pag. 285)

$$V''(x) + (kp(x) - q(x))\, V(x) + f(x) = 0, \tag{2}$$

jointe aux conditions

$$\begin{aligned} V'(a) - hV(a) &= 0, \\ V'(b) + HV(b) &= 0, \end{aligned} \tag{3}$$

où $f(x)$ est une fonction donnée.

Supposons que, la fonction $q(x)$ *restant toujours positive*, la fonction $p(x)$ *soit assujettie à la seule condition d'être continue dans l'intervalle* (a, b).

Cherchons, comme dans le Mémoire cité, une solution des équations (2) et (3) sous la forme de la série

$$V(x) = v_0(x) + kv_1(x) + k^2v_2(x) + \cdots + k^sv_s(x) + \cdots \tag{4}$$

[1] Je profite de l'occasion pour remarquer que le même procédé a été appliqué à l'équation (1) (l'équation de Sturm-Liouville) par M. A. Kneser trois ans avant l'apparition des recherches de MM. Sanielevici et M. Picone. Les auteurs ne font cependant aucune allusion à ces recherches de M. Kneser. Le Mémoire de M. Kneser (Mathematische Annalen, Bd. 63) leur est, évidemment, échappé.

On a, quelles que soient les fonctions données $f(x)$, $p(x)$ et $q(x)$,

$$(5)\qquad \begin{aligned} &v_0'' - qv_0 + f = 0\,, \\ &v_s'' - qv_s + pv_{s-1} = 0 \end{aligned} \qquad (s = 1\,, 2\,, 3\,, \ldots)$$

et

$$(6)\qquad \begin{aligned} &v_s'(a) - hv_s(a) = 0\,, \\ &v_s'(b) + \mathrm{H}v_s(b) = 0\,. \end{aligned} \qquad (s = 0\,, 1\,, 2\,, \ldots)$$

On trouve (Mém. cité, l'inégalité (19), p. 287)

$$v_s^2 < \mathrm{Q} \int_a^b p^2 v_{s-1}^2\, dx\,,$$

Q étant un nombre fixe; cette inégalité a lieu toujours, quels que soient le nombre entier s et la fonction $p(x)$, continue dans l'intervalle $(a\,, b)$.

De cette inégalité on tire, en désignant par B le *maximum* de $|p(x)|$ dans l'intervalle $(a\,, b)$,

$$(7)\qquad v_s^2 < \mathrm{QB}^2 \int_a^b v_{s-1}^2\, dx = \mathrm{QB}^2 \mathrm{I}_{s-1}$$

et

$$(8)\qquad \int_a^b v_s^2\, dx = \mathrm{I}_s < \mathrm{QB}^2 (b - a)\, \mathrm{I}_{s-1} = \mathrm{N}^2\, \mathrm{I}_{s-1}\,,$$

N désignant un nombre fixe.

3. Reprenons maintenant les intégrales

$$\mathrm{W}_{m,n} = \int_a^b p v_m\, v_n\, dx$$

du n° 4 (p. 286) de mon Mém. cité (*Probl. de refroidissement* etc.).

Moyennant les notations y adoptées, posons

$$(8_1)\qquad \mathrm{W}_{2s-1} = \mathrm{W}_{s-1,s} = \int_a^b p v_{s-1}\, v_s\, dx\,.$$

J'ai montré [Mém. cité, l'égalité (18')] que l'intégrale W_{2s-1} reste toujours positive, quelle que soit la fonction $p(x)$, pourvu que $q(x)$ reste positive dans l'intervalle $(a\,, b)$.

D'autre part, les égalités (16) du même Mémoire conduisent à la suivante

$$\mathrm{W}_{2s-1} = \int_a^b p v_{s-2}\, v_{s+1}\, dx\,.$$

d'où, en vertu de (5) et (6) [Compar. l'égalité analogue du Mém. cité, p. 305, ligne 2 ([1])],

$$W_{2s-1} = \int_a^b (q v_{s-1} - v''_{s-1})\, v_{s+1}\, dx =$$

$$= H v_{s+1}(b)\, v_{s-1}(b) + h v_{s+1}(a)\, v_{s-1}(a) + \int_a^b q v_{s-1}\, v_{s+1}\, dx + \int_a^b v'_{s+1}\, v'_{s-1}\, dx\,.$$

De cette égalité on tire, comme dans le Mémoire tout à l'heure mentionné (p. 305),

$$W^2_{2s-1} \leqq \left\{ H^2 v^2_{s+1}(b) + h^2 v^2_{s+1}(a) + \int_a^b q v^2_{s+1}\, dx + \int_a^b v'^2_{s+1}\, dx \right\} \times$$

$$\times \left\{ H^2 v^2_{s-1}(b) + h^2 v^2_{s-1}(a) + \int_a^b q v^2_{s-1}\, dx + \int_a^b v'^2_{s-1}\, dx \right\},$$

c'est à dire

$$W^2_{2s-1} \leqq W_{2s+1}\, W_{2s-3}\,.$$

On a donc, quel que soit l'indice s,

$$\frac{W_{2s-1}}{W_{2s-3}} \leqq \frac{W_{2s+1}}{W_{2s-1}}\,.$$

On obtient ainsi une suite d'inégalités

$$\text{(9)} \qquad \frac{\sqrt{W_1}}{\sqrt{W_{-1}}} \leqq \frac{\sqrt{W_3}}{\sqrt{W_1}} \leqq \cdots \leqq \frac{\sqrt{W_{2s+1}}}{\sqrt{W_{2s-1}}} \leqq \cdots$$

4. Rappelons maintenant le lemme du n° 13 (pp. 297, 298) de mon Mémoire: *Problème de refroidissement* etc., qui s'exprime comme il suit: *On peut toujours disposer les constantes* α_i $(i = 1, 2, \ldots, n+1)$ *dans l'expression*

$$f = \alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \cdots + \alpha_{n+1} f_{n+1}$$

de façon que l'on ait

$$\text{(10)} \qquad \frac{\int_a^b v'^2_s\, dx}{\int_a^b v^2_s\, dx} \geqq \frac{\pi^2 n^2}{(b-a)^2}$$

et cela quel que soit l'indice s.

[1] Je profite de l'occasion pour corriger une faute d'impression: les trois premiers signes négatifs du second membre de cette égalité (*Problème de refroidissement* etc, p. 305, ligne 2) doivent être remplacés par des signes positifs.

On a, eu égard à l'égalité (8_1),

$$W_{2s+1}^2 < B^2 I_s I_{s+1} \quad , \quad W_{2s-1} > \int_a^b v_s'^2 \, dx \, . \tag{11}$$

Par conséquent, en vertu de (10) et (8),

$$\frac{\sqrt{W_{2s+1}}}{\sqrt{W_{2s-1}}} < \frac{BQ^{\frac{1}{4}}(b-a)^{\frac{1}{4}}\sqrt{I_s}}{\sqrt{\int_a^b v_s'^2 \, dx}} = N\left(\frac{\int_a^b v_s^2 \, dx}{\int_a^b v_s'^2 \, dx}\right)^{\frac{1}{2}} < \frac{A}{n} \, ,$$

A désignant un nombre fixe.

Or, en vertu de (9), cette inégalité entraîne les suivantes

$$\frac{\sqrt{W_1}}{\sqrt{W_{-1}}} \leq \frac{\sqrt{W_3}}{\sqrt{W_1}} \leq \frac{\sqrt{W_5}}{\sqrt{W_3}} \leq \cdots \leq \frac{\sqrt{W_{2s-1}}}{\sqrt{W_{2s-3}}} \leq \frac{\sqrt{W_{2s+1}}}{\sqrt{W_{2s-1}}} < \frac{A}{n} \, .$$

Il s'ensuit (H. Poincaré, Rendic. di Palermo, 1894) qu'*on peut choisir la fonction $f(x)$ dans l'équation* (2) *de façon que l'on ait*

$$\lim_{s=\infty} \frac{\int_a^b v_s'^2 \, dx}{\int_a^b v_s^2 \, dx} \geq \frac{\pi^2 n^2}{(b-a)^2} \, , \tag{12}$$

$$\lim_{s=\infty} \frac{\sqrt{W_{2s+1}}}{\sqrt{W_{2s-1}}} < \frac{A}{n} \, . \tag{12_1}$$

5. Cela posé revenons à l'égalité (8_1) qui donne

$$W_{2s-1} = Hv_s^2(b) + hv_s^2(a) + \int_a^b qv_s^2 \, dx + \int_a^b v_s^2 \, dx$$

(l'égalité (18′) du Mém. cité, p. 287).

On en conclut que

$$v_s^2(a) < \frac{W_{2s-1}}{h} \, .$$

D'autre part, on a

$$v_s^2(x) = v_s^2(a) + 2\int_a^x v_s v_s' \, dx \, ,$$

c'est à dire

$$v_s^2(a) < \frac{W_{2s-1}}{h} + 2\sqrt{I_s}\sqrt{\int_a^b v_s'^2 \, dx} \, .$$

On en tire, en intégrant et en tenant compte de (11),

$$H_s^2 - 2(b-a)\,H_s - \frac{b-a}{h} < 0 .$$

Il s'ensuit que le rapport

$$(\alpha) \qquad H_s = \frac{\sqrt{I_s}}{\sqrt{W_{2s-1}}} < M ,$$

M désignant un nombre fixe [1]

$$M = b - a + \sqrt{(b-a)^2 + \frac{b-a}{h}} .$$

Cette inégalité et celle de (7) montrent que le rayon ϱ de convergence de la série (4) est plus grand ou, au moins, égal à celui de la série

$$\sqrt{W_{-1}} + k\sqrt{W_1} + k^2\sqrt{W_3} + \cdots + k^s\sqrt{W_{2s-1}} + \cdots ,$$

c'est à dire

$$(13) \qquad \varrho \geqq \lim_{s=\infty} \frac{\sqrt{W_{2s-1}}}{\sqrt{W_{2s}}} .$$

6. Cherchons maintenant la limite supérieure de ϱ.

Il est évident que le rayon ϱ de convergence de la série (4) ne peut surpasser celui de la série

$$\int_a^b pv_0^2\,dx + k\int_a^b pv_0 v_1\,dx + \cdots + k^s\int_a^b pv_0 v_s\,dx + \cdots$$

qui est égale à

$$S(k) = W_0 + kW_1 + k^2W_2 + \cdots + k^{2s}W_{2s} + k^{2s+1}W_{2s+1} + \cdots ,$$

où l'on a posé

$$W_{2s} = \int_a^b pv_s^2\,dx$$

(Voir n° 6 du Mémoire cité plus haut, p. 288).

[1] Nous avons supposé que les constantes h et H soient finies, positives et différentes de zéro. Dans ce cas on trouve, en vertu de (7) et (α),

$$v_s^2(x) < MQB^2W_{2s-3} .$$

Dans les cas limites de $h = H = 0$, ou $h = H = \infty$, cette inégalité se démontre d'une manière encore plus simple à l'aide des théorèmes de n^os 10 et 11 (pp. 294, 295) de mon Mémoire: *Problème de refroidissement* etc.

Remplaçons k dans $S(k)$ par $-k$. Le rayon de convergence de la série $S(-k)$ est égal a celui de $S(k)$, le rayon de convergence de la série

$$S(k)-S(-k)=k\{W_1+k^2W_3+\cdots+k^{2s}W_{2s+1}+\cdots\}$$

est égal ou plus grand que celui de chacunes des séries $S(k)$ et $S(-k)$.

En désignant ce dernier rayon par R, on aura

$$\varrho \leqq R.$$

Or,

$$R \leq \lim_{s=\infty} \frac{\sqrt{W_{2s-1}}}{\sqrt{W_{2s+1}}}.$$

Il s'ensuit que,

$$\varrho \leq \lim_{s=\infty} \frac{\sqrt{W_{2s-1}}}{\sqrt{W_{2s+1}}}, \tag{13$_1$}$$

le second membre de cette inégalité étant une quantité positive bien déterminée, car il est évident que le rapport

$$\frac{\sqrt{W_{2s-1}}}{\sqrt{W_{2s+1}}}$$

tend toujours vers une limite déterminée différente de zéro.

Les inégalités (13) et (13_1) montrent qu'on a précisément

$$\varrho = \lim_{s=\infty} \frac{\sqrt{W_{2s+1}}}{\sqrt{W_{2s-1}}}.$$

Choisissant maintenant la fonction $f(x)$ de manière que les inégalités (12) et (12_1) soient satisfaites, on aura

$$\varrho > \frac{\pi^2 n^2}{B(b-a)^2} = Qn^2,$$

Q désignant un nombre fixe.

On en conclut qu'*on peut toujours choisir la fonction* $f(x)$ *dans l'équation* (2) *de façon que la série* (4) *sera holomorphe en* k *pour toutes les valeurs de* k *dont le module est plus grand qu'un nombre* M, *donné à l'avance et si grand qu'on le veut.*

7. Cette proposition étant établie, on démontrera ensuite, moyennant la méthode connue de M. H. Poincaré, que $V(x)$ *est une fonction méromorphe en* k *n'ayant d'autres points critiques que des pôles.*

La fonction V se représente sous la forme

$$V = \frac{P}{D(k)},$$

où P est une fonction de x et de k, holomorphe en k, pourvu que $|k|$ ne surpasse pas un nombre M qu'on peut prendre si grand qu'on le veut, $D(k)$ est un polynome en k dont les racines représentent les pôles de la fonction V.

Quant à la fonction P, elle satisfait aux conditions

$$\text{(14)} \qquad \begin{aligned} &P'' + (kp - q)\,P + f\,D(k) = 0, \qquad (a < x < b) \\ &P'(a) - hP(a) = 0, \\ &P'(b) + HP(b) = 0. \end{aligned}$$

Ce théorème, établi dans mon Mémoire cité (p. 210) sous la supposition que la fonction $p(x)$ reste positive et ne s'annule pas dans l'intervalle (a, b), *reste donc vrai, quelle que soit la fonction* $p(x)$, *assujettie à une seule condition d'être continue entre* a *et* b (¹).

8. Il ne nous reste qu'à démontrer que *tous les pôles de la fonction* $V(x)$, *considérée comme fonction du paramètre* k, *sont réels et simples.*

Pour cela il suffit d'employer les raisonnements analogues à ceux de M. H. Poincaré dont je faisais l'usage déjà plusieurs fois dans mes recherches antérieures sur les équations de la physique mathématique (²).

Soit k_0 l'une des racines de polynome $D(k)$, P_0 la valeur de P pour $k = k_0$. On a

$$\text{(15)} \qquad \begin{aligned} &P_0'' + (k_0 p - q)\,P_0 = 0, \\ &P_0'(a) - hP_0(a) = 0, \\ &P_0'(b) + HP_0(b) = 0. \end{aligned}$$

Supposons que

$$\text{(16)} \qquad k_0 = \alpha + i\beta \quad , \quad P_0 = P_1 + iP_2 .$$

On trouve aisément

$$\text{(17)} \qquad \beta \int_a^b p(P_1^2 + P_2^2)\,dx = 0 .$$

D'autre part, les équations (15) et (16) conduisent à la suivante

$$\text{(18)} \qquad \begin{aligned} \alpha \int_a^b p(P_1^2 + P_2^2)\,dx = {}& H^2(P_1^2(b) + P_2^2(b)) + h^2(P_1^2(a) + P_2^2(a)) + \\ & + \int_a^b q(P_1^2 + P_2^2)\,dx + \int_a^b (P_1'^2 + P_2'^2)\,dx . \end{aligned}$$

(¹) On suppose, sans doute, que $q(x)$ reste toujours positive.

(²) Voir, par exemple, mon Ouvrage: *Les méthodes générales pour résoudre les problèmes fondamentaux de la physique mathématique*, Kharkow, 1901 (pp. 212-218), le Mémoire: *Théorie générale des fonctions fondamentales*, Annales de Toulouse, 1905 (pp. 378-383) etc.

Les égalités (17) et (18) montrent que

$$\beta = 0,$$

quelle que soit la fonction $p(x)$, pourvu que $q(x)$ reste positive dans l'intervalle (a, b) (Comp. M. Senielevici, Mém. cité, pp. 26, 27).

Donc, *tous les pôles de la fonction* V *sont réels.*

9. Supposons maintenant que k_0 soit un pôle multiple de la fonction V et, par suite, une racine multiple de polynome $D(k)$. Soit $q + 1$ son ordre de multiplicité.

On a

$$D(k_0) = 0, \; D'(k_0) = 0, \; \dots, \; D^q(k_0) = 0,$$

$D^s(k)$ $(s = 0, 1, 2, \dots, q)$ désignant la dérivée de $s^{ième}$ ordre de polynome $D(k)$.

Posons

$$U_s = \frac{d^s P}{dk^s}.$$

Des équations (14) on tire, en différentiant,

$$U_s'' + kpU_s - qU_s + spU_{s-1} + f D^s(k) = 0,$$
$$U_s'(a) - hU_s(a) = 0,$$
$$U_s'(b) + HU_s(b) = 0.$$

Posons $k = k_0$ et supposons que

$$U_{s-1} = 0 \qquad \text{pour } k = k_0.$$

On aura

$$(s+1)\int_a^b pU_s^2\, dx = 0$$

$$k_0 \int_a^b pU_s^2\, dx = HU_s^2(b) + hU_s^2(a) + \int_a^b qU_s^2\, dx + \int_a^b U_s'^2\, dx,$$

d'où l'on conclut que

$$U_s = 0,$$

quelle que soit la fonction $p(x)$, pourvu que $q(x) > 0$.

Or, k_0 étant, d'après l'hypothèse faite, un pôle multiple de V, on a nécessairement

$$U_0 = P_0 = 0.$$

Donc

$$U_1 = U_2 = \cdots = U_{q-1} = 0$$

et

$$V = \frac{P^{(q)}}{D^q(k)},$$

où

$$P^{(q)} = \frac{d^q P}{dk^q}$$

est différent de zéro pour $k = k_0$ qui est d'ailleurs la racine simple de polynome $D^q(k)$.

Il s'ensuit que *tous les pôles de la fonction* V *sont simples* (Compar. mon Mém.: *Théorie générale des fonctions fondamentales*, Annales de Toulouse, pp. 379-381).

10. Les recherches précédentes montrent que la méthode, employée dans mon Mémoire: *Problème de refroidissement* etc. sous la supposition particulière que la fonction $p(x)$ reste positive et ne s'annule pas dans l'intervalle (a, b), s'étend sans difficulté au cas général, où $p(x)$ est assujettie à une seule condition d'être continue dans l'intervalle considéré, et conduit immédiatement à ce théorème général:

Quelle que soit la fonction $p(x)$, continue dans l'intervalle donné (a, b), $q(x)$ une autre fonction continue et positive dans cet intervalle, il existe toujours une infinité de nombres réels λ_s (nombres caractéristiques) et de fonctions correspondantes V_s (fonctions fondamentales) satisfaisant aux équations (1).

Les nombres λ_s sont tous positifs, s'il en est de même de la fonction $p(x)$; ils sont tous négatifs, si $p(x)$ reste négative dans l'intervalle (a, b); si, enfin, $p(x)$ change son signe dans cet intervalle, les nombres caractéristiques λ_s se décomposent en deux groupes dont l'un contient, en général, une infinité de nombres négatifs, l'autre une infinité de nombres positifs.

Si nous désignons par l_s le module d'un nombre quelconque λ_s, on aura

$$l_1 \leqq l_2 \leqq l_3 \leqq \cdots \leqq l_s \leqq \cdots,$$

l_s tendant vers l'infini, lorsque l'indice s croît indéfiniment [1].

Je remarquerai encore que les raisonnements précédents s'appliquent sans aucune difficulté à l'équation plus générale de la forme

$$\frac{d}{dx} n \frac{dV}{dx} + (gk - l) V = 0,$$

[1] La démonstration de cette propriété des nombres l_s est tout à fait analogue à celle que j'ai donnée au n° 14 (p. 299) de mon Mémoire: *Problème de refroidissement* etc., pour le nombre k_n.

Il suffit seulement de remarquer que dans le cas général que nous considérons ici, le produit

$$\lambda_s \int_a^b p V_s^2 dx$$

reste toujours positif; on peut donc toujours choisir les fonctions V_s de façon que l'on ait

$$\lambda_s \int_a^b p V_s^2 dx = l_s$$

et, par suite, appliquer presque textuellement les raisonnements du n° 14 au cas considéré.

où n et l sont les fonctions positives, g une fonction continue dans un intervalle donné, jointe aux conditions

$$a_1 V(a) + a_2 V'(a) + a_3 V(b) + a_4 V'(b) = 0\,,$$
$$b_1 V(a) + b_2 V'(a) + b_3 V(b) + b_4 V'(b) = 0\,,$$

où a_i et b_i, sont des constantes satisfaisant aux certaines conditions, mais ici je n'insiste pas sur ce point (¹)

11. Je terminerai mes recherches par les remarques suivantes. Nous avons supposé jusqu'à présent que les fonctions $p(x)$ et $q(x)$ soient continues dans l'intervalle donné $(a\,,b)$.

Mais la méthode précédente s'étend presque sans modification au cas plus général.

Supposons que les fonctions $p(x)$ et $q(x)$, dont la dernière reste positive dans l'intervalle $(a\,,b)$, soient assujetties à la seule condition d'être intégrables (au sens de Riemann).

Dans ce cas $p(x)$ et $q(x)$ restent continues pour tous les points de l'intervalle $(a\,,b)$ sauf pour un ensemble de points de mesure nulle que nous désignerons par E.

Les raisonnements précédents s'appliquent immédiatement à ce dernier cas et démontrent l'existence des nombres λ_s et des fonctions fondamentales V_s $(s=1,2,3,\ldots)$, continues avec leurs dérivées de deux premiers ordres en tous les points de l'intervalle $(a\,,b)$ sauf aux points formant un ensemble que nous avons désigné par E (²).

Ces fonctions V_s satisfont aux équations (1) en tous les points de l'intervalle $(a\,,b)$ sauf aux points formant l'ensemble E de mesure nulle.

Si nous supposons encore que $p(x)$ reste aussi positive entre a et b, nous obtiendrons la solution du problème de refroidissement d'une barre, composée d'un nombre quelconque des barres hétérogènes physiquement différentes entre elles.

Cela résulte d'un théorème de la théorie des équations ordinaires linéaires dont la démonstration ne présente aucune difficulté.

Soit

$$\frac{dy_i}{dx} = p_{1i}\,y_1 + p_{2i}\,y_2 + \cdots + p_{ni}\,y_n \qquad (i = 1\,,2\,,3\,,\ldots\,,n) \tag{19}$$

un système d'équations linéaires, où p_{si} $(s = 1\,,2\,,3\,,\ldots\,,n)$ sont les fonctions données de la variable réelle x, intégrables dans l'intervalle donné $(a\,,b)$ et continues au point $x = a$.

Les fonctions p_{si} seront continues à la fois en tous les points de l'intervalle $(a\,,b)$, sauf aux points d'un ensemble E de mesure nulle.

Il existe toujours un système de n fonctions

$$y_1\,, y_2\,, \ldots\,, y_n$$

(¹) Voir ma Note: *Sur un théorème général d'existence des fonctions fondamentales* etc. Comptes rendus, 21 févr. 1910.

(²) Il faut seulement supposer que les fonctions $p(x)$ et $q(x)$ restent continues aux extrémités de l'intervalle $(a\,,b)$.

continues avec leurs dérivées du premier ordre en tous les points de l'intervalle (a, b), sauf aux points de l'ensemble E, se réduisant aux constantes données

$$a_1, a_2, \ldots, a_n$$

pour $x = a$ et satisfaisant aux équations (19) en tous les points de l'intervalle (a, b), sauf aux points de l'ensemble E.

12. La méthode précédente s'applique immédiatement à la démonstration de l'existence des fonctions fondamentales correspondant à l'équation différentielle du 4ième ordre de la forme

$$\frac{d^4V}{dx^4} + \{kp(x) - q(x)\} V = 0, \tag{20}$$

qui se rencontre dans la théorie des vibrations d'une verge élastique.

Dans le cas, où $p(x)$ et $q(x)$ restent positives dans l'intervalle donné (a, b), la méthode, développée dans mes Mémoires: *Problème de refroidissement* etc., et *Sur certaines égalités communes* etc. (Mém. de l'Académie de Sciences de St-Pétersbourg, 1904), conduit pour les fonctions fondamentales V_s $(s = 1, 2, 3, \ldots)$, correspondant à l'équation (20), aux égalités générales, analogues à celles que j'ai établies dans le dernier de ces deux Mémoires.

De ces égalités résultent immédiatement les théorèmes sur la possibilité du développement d'une fonction arbitraire en séries procédant suivant les fonctions V_s, analogues à ceux que j'ai démontrés dans mon Mémoire: *Problème de refroidissement* etc., ainsi que dans ma Note: *Sur une problème d'Analyse intimement lié avec le problème de refroidissement d'une barre hétérogène* (Comptes Rendus, le 8 avril 1907) [1].

L'étude détaillée de ce problème fera l'objet d'un travail d'un de mes éleves, M. Tamarkine; son Article paraîtra dans peu de temps dans les Communications de la Société Mathématique de Kharkow.

[1] Je profite de l'occasion pour remarquer qu'un théorème, moins général que ceux qui peuvent être établis par la méthode dont il s'agit, a été deduit par M. Davidouglou dans son travail, inséré dans les Annales de l'École Normale en 1900, par un procédé tout à fait identique à celui que j'ai indiqué, quatre ans avant la publication du Mémoire de M. Davidouglou, dans un Article: *Sur le problème de refroidissement* etc., publié en 1896 dans les Communications de la Société Mathématique de Kharkow (en russe) et, puis, en 1898 dans ma Note, portant le même titre, insérée aux Comptes Rendus (le 17 janvier 1898).

RELAZIONE

della Commissione incaricata di riferire sulla Memoria del dott. MARIO FERRARI, avente per titolo: *Studio chimico e microscopico delle rocce granito-pegmatitiche del giacimento di Groppo Maggio nell'Apennino Parmense.* Commissarî i Soci dell'Accademia prof. G. STRUEVER e professor C. VIOLA, *relatore.*

L'autore ha in questo lavoro preso in esame i graniti dell'Appennino Parmense inclusi nell'Eocene superiore, i quali sono stati spesso ricordati e riferiti da varî geologi italiani con lo scopo di spiegarne l'origine. Egli si limita al solo giacimento di Groppo Maggio nel Parmense studiandone esaurientemente la composizione chimica, mineralogica e strutturale. Da queste indagini particolareggiate l'autore conclude che il giacimento di Groppo Maggio non è formazione granitica unica e omogenea, come vogliono varî geologi, ma conglomerato costituito di micropegmatiti granitiche e sienitiche con granato, rutilo e topazio. Dodici sezioni microscopiche illustrano il lavoro; uno spaccato geologico illumina il modo di giacitura della formazione e un diagramma secondo Brögger basato sulle formole calcolate seguendo l'Osann chiarisce la posizione dei varî magma che sono stati studiati.

L'autore con questo lavoro diligentemente condotto apre una via nuova a future indagini.

Data l'importanza dell'argomento, la bontà delle analisi chimiche accompagnate da analisi microscopiche, la commissione è di avviso che questo lavoro accresca notevolmente il contributo della geologia e della petrografia apenninica e ne propone perciò la pubblicazione in esteso nelle Memorie dell'Accademia.

Studio chimico e microscopico delle rocce granito-pegmatitiche del giacimento di Groppo Maggio nell'Apennino Parmense [1]

Memoria del dott. MARIO FERRARI

(con due tavole)

La questione riguardante la natura e l'origine dei graniti dell'Apennino si agita da lungo tempo fra i geologi. Dopo le scarse, ma abbastanza esatte notizie del Pareto [2], varî studiosi si accinsero a nuove ricerche intorno a tali rocce, sollevarono discussioni e tentarono anche ipotesi, che rispondessero ai fatti osservati e ne dessero una spiegazione attendibile. Sebbene però fra i diversi ricercatori, che portarono il loro tributo allo studio dei graniti dell'Apennino, non manchino geologi di fama non dubbia, la questione accennata rimane pur sempre insoluta. Nè, probabilmente, potrà essere risolta, se non quando un maggior numero di fatti, di osservazioni e di studî saranno raccolti ed aggiunti ai non molti già compiuti e già noti.

Perciò, convinto che, anche una modesta ricerca intorno ad alcuni dei ricordati graniti, non sarebbe stata inutile per una più esatta conoscenza loro, accolsi con piacere l'invito del prof. C. Viola di compiere uno studio chimico e mineralogico dei supposti graniti, appartenenti al giacimento di Groppo Maggio nell'Apennino Parmense. E mi accinsi con maggior lena al lavoro allorchè, raccogliendo anzi tutto ciò che altri avevano fatto intorno ai graniti dell'Apennino, dovetti riconoscere che pochi ricercatori avevano avuto cura di fare studî microscopici, nessuno studî chimici intorno ai graniti di quello parmense.

Sono noti varî lavori, nei quali si parla più o meno a lungo (talora soltanto per incidenza) dei graniti emiliani. Ricordo, fra essi, uno studio dello Studer, che risale al 1841, *Sur la constitution géologique de l'île d'Elbe* [3]; il lavoro del Pareto, *Sur les subdivisions que l'on pourrai établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional* [4]; i due lavori del Taramelli, *Sulla formazione serpentinosa dell'Apennino pavese* [5] e *Del granito nella formazione serpentinosa dell'Apennino pavese* [6]; lo studio del Del Prato, *La geologia dell'Apennino parmense* [7]. Inoltre i seguenti:

[1] Lavoro eseguito nell'Istituto di mineralogia della R. Università di Parma.

[2] Pareto L., *Sur les subdivisions que l'on pourrai établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional.* Bull. de la Soc. géol. de France, 2e série, tome XXII, pag. 210.

[3] Bull. de la Soc. Géol. de France, tome XII, pag. 279, Paris, 1841.

[4] Id., 2e sér., tome XXII, pag. 210.

[5] Memorie della R. Accad. d. Lincei, classe di Scienze fis. mat. e nat., ser. III, vol. II, 1877-1878.

[6] Rendiconti del R. Istituto lombardo di Scienze e lettere, ser. II, vol. IX. Milano, 1878.

[7] Id., ser. II, vol. XV, fasc. VII, pag. 8.

C. De Stefani, *Le rocce serpentinose della Garfagnana* [1]; *Sulle serpentine e sui graniti eocenici superiori dell'alta Garfagnana* [2]; *Le rocce eruttive dell'Eocene superiore nell'Apennino* [3].

I. Chelussi, *Appunti petrografici sopra alcune rocce della provincia di Parma* [4].

F. Sacco, *L'Apennino settentrionale (parte centrale)* [5].

C. Viola e D. Sangiorgi, *Sopra i supposti giacimenti granitici dell'Apennino parmense* [6].

Soltanto nell'importante lavoro intorno alle rocce eruttive dell'Eocene superiore dell'Apennino, il De Stefani riferisce di aver studiato al microscopio, unitamente al Cossa ed al Mattirolo, il granito apenninico ed accenna ad alcuni esemplari del parmense. Inoltre il Chelussi, nell'opera citata, riassume brevemente i caratteri microscopici di un granito del monte Formigare presso Berceto (alta valle del Taro), trovato nella zona ofiolitica. In fine il Viola ed il Sangiorgi parlano diffusamente, nella ricordata Nota, del giacimento granitico di Groppo del Vescovo, nell'alta valle del Baganza; giacimento, che conchiudono risultare di un conglomerato formato da varie specie di rocce cristalline e sedimentarie, delle quali si riservano di riferire, in un'altra Nota, le osservazioni microscopiche fatte sulle sezioni sottili.

Poche dunque erano e molto generiche le osservazioni microscopiche dei varî graniti dell'Apennino parmense e mancava affatto uno studio chimico di questi, allorchè mi accinsi al breve lavoro, che ora ho finalmente compiuto e del quale mi propongo di far conoscere, nelle pagine seguenti, quanto mi sembra più notevole.

Debbo aggiungere che in questi ultimi tempi è apparsa nel Bollettino della Società geologica italiana una Nota del Sangiorgi [7] precisamente intorno ai graniti di Groppo Maggio. Poichè però, nella Nota ricordata, l'autore dà un maggiore svolgimento alla descrizione del giacimento (studiandone sopratutto i rapporti delle rocce componenti così fra loro come con le rocce circostanti) e riduce lo studio petrografico alla osservazione microscopica di sole tre sezioni sottili, credo che valga ancora la pena di rendere note, oltre le analisi chimiche da me fatte di cinque esemplari diversi di rocce granitiche, anche le numerose ricerche mineralogiche compiute, come si vedrà, su ben undici sezioni. Quanto io potei osservare servirà, se non ad altro, a rendere più completa la conoscenza dell'interessante giacimento.

Groppo Maggio, su cui affiorano le rocce granitiche oggetto di questo studio, trovasi nell'alta valle della Manubiola, affluente del Taro. Fa parte della vasta zona serpentinosa, che ha per limite ad oriente Roccaprebalza, ad occidente Gorro, a mez-

(1) Boll. del R. Com. Geol. d'It., vol. XVII, 1876, pag. 16.

(2) Boll. del R. Com. Geol. d'It., vol. IX, 1878, pag. 19.

(3) Boll. della Soc. geol. it., vol. VIII, 1889, pag. 175.

(4) Sansoni, Giornale di Min. crist. e petr., vol. IV, 1893, pag. 283.

(5) Boll. della Soc. geol. ital., vol. X, 1891, pag. 283 e segg.

(6) Rend. della R. Accad. dei Lincei, classe di Scienze fis. mat. e nat., vol. XVI, 1907, ser. 5ª, 2° sem., fasc. 5°.

(7) D. Sangiorgi, *I graniti di Groppo Maggio nell'Apennino parmense*. Boll. d. Soc. Geol. Ital., vol. XXVIII, 1909, fasc. 1°.

zogiorno il monte Binaghè ed a settentrione i dorsi della strada, che dalle Ghiare conduce a Berceto. Esso precisamente forma uno degli ultimi sproni orientali del monte Binaghè, al quale perciò si attacca ad occidente; a levante scende con ripido pendìo verso la valle della Manebiola, a nord ed a sud è limitato da due piccoli affluenti della stessa Manebiola, che versano in questa le loro acque, l'uno a monte e l'altro a valle del paese di Corchia.

Le rocce granitiche, che mi sono proposto di studiare, trovansi sulla cima del monte e lo ricoprono a guisa di calotta. Come ben dice il Sangiorgi nella sua Nota recente [1], « una osservazione poco accurata può far credere che tutta la parte del monte che forma le pareti verticali est e nord di Groppo Maggio, sia costituita da roccia granitica, poichè l'alterazione superficiale, le modalità delle erosioni, il colore non differiscono, in apparenza, dall'alterazione superficiale, dalla erosione e dal colore, che presenta la roccia serpentinosa sottostante e che forma la massima parte del monte ». Le rocce granitiche, al contrario, sono limitate alla cima di questo. È ben vero che « salendo la vallecola, che divide Groppo Maggio dalle masse ofiolitiche dei monti più a nord, si incontrano, sul fianco destro di essa, massi e blocchi di granito, alcuni dei quali misuranti parecchi metri cubi »; ma « non si può affermare se questi massi e questi blocchi facciano parte di banchi o masse rocciose in posto, oppure sieno massi isolati, staccati, in parte sepolti dal terreno rimaneggiato ». Tuttavia « per la particolare natura del granito e per il modo con cui si presentano tali massi, è da credere piuttosto che essi siano franati dalla parte superiore del monte ».

La massa principale della roccia granitica risulta frattanto formata dalla calotta, che ricopre la cima di Groppo Maggio. Questa calotta ha il suo massimo spessore visibile nel tratto che guarda verso est, ove raggiunge una potenza di circa 30 o 40 metri. Questo spessore diminuisce verso ovest, scomparendo le rocce granitiche sotto il terreno vegetale. Il perimetro toccherà forse i 300 metri: dico forse, perchè una parte di Groppo Maggio essendo inaccessibile, non furono possibili misure esatte.

Per ciò che riguarda le relazioni dei supposti graniti con i terreni che li circondano, si può dire che i primi sono compresi fra i conglomerati ad elementi di serpentina e di roccia granitica, sebbene, in realtà, come potei osservare unitamente al Sangiorgi, « proprio sotto al masso principale, a mezzodì, si trova un contatto fra graniti e serpentine, in cui queste ultime, almeno per il breve tratto visibile, non sembrano conglomerati ».

L'annessa sezione (fig. 1), condotta da nord-ovest a sud-est, dimostra la seguente successione di terreni. In basso trovansi gli schisti argillosi dell'Eocene superiore: seguono i conglomerati ad elementi di serpentina e di roccia granitica; conglomerati, che giungono fin sotto al giacimento studiato. Dopo questo, v'ha un breve tratto di conglomerati analoghi ai precedenti, a cui succedono le serpentine.

Il fatto più importante che coglie l'osservatore, il quale si rechi a visitare il supposto giacimento granitico di Groppo Maggio, è la grande variabilità dei caratteri esterni, che la roccia presenta da luogo a luogo. Più spesso si osserva una evidente diversità fra masso e masso di notevoli dimensioni, ma talvolta appaiono anche diverse fra loro le varie parti componenti i singoli massi.

[1] D. Sangiorgi, op. cit.

Dimodochè, giudicando il giacimento da quanto si può osservare recandosi sopra luogo, esso sembra risultare formato in alcune parti da un vero e proprio conglomerato, in altre da un'accumulazione di grossi massi accostati, avvicinati strettamente gli uni agli altri, oppure insieme riuniti. Soltanto nella parete verticale ad est, rivolta verso la valle della Manebiola, le roccia assume un aspetto ed una disposizione spiccatamente diversi. Quivi essa forma un interessante filone bianco-roseo (di una ventina di metri circa di potenza e di larghezza pure prossima a venti metri), nel quale, come si può osservare in pezzi raccolti al piede del filone, appaiono grossi cristalli di feldispato roseo, che a tutta prima sembra ortoclasio, ma che all'analisi microscopica, come più innanzi dirò, dimostra di essere microclino.

Fig. 1.

Sezione geologica verticale, condotta da nord-ovest a sud-est, del giacimento granito-pegmatitico di Groppo Maggio.

Affinchè lo studio, che mi proponevo di fare, risultasse possibilmente non vano, rivolsi la mia attenzione a quelle, fra le molte varietà di rocce costituenti il giacimento, le quali, già ad una semplice osservazione, mi sembravano più diverse le une dalle altre. E raccoltine molti esemplari, scelsi fra questi i dieci migliori e meno simili, li distinsi con numeri progressivi da 1 a 10 e ne sottoposi 5 (distinti rispettivamente con i numeri 1, 3, 5, 7 e 10) all'analisi chimica, dopo averne determinato il peso specifico: di tutti dieci e della roccia di contatto feci poi preparare dalla ditta Voigt u. Hochgesang di Göttingen alcune sezioni sottili, parte delle quali coperte e parte scoperte, e di queste mi giovai per le osservazioni microscopiche.

Riferisco, nelle pagine seguenti, i risultati delle ricerche compiute.

La composizione chimica quantitativa ed il peso specifico delle rocce analizzate appaiono dalla tabella seguente:

Tabella I

	1	3	5	7	10
SiO_2	76,55	73,40	71 94	66,75	74,18
TiO_2	0,06	0,05	0,14	0,48	0,12
Al_2O_3	10,69	13,70	14,73	15,73	13,91
FeO	0,73	1,53	1,43	2,58	0,83
MnO	—	—	—	tracce	—
CaO	1,71	1,10	1,39	2,15	0,70
MgO	1,18	0,62	1,01	1,67	0,33
K_2O	5,34	5,34	4,68	4,90	5,40
Na_2O	4,20	4,48	5,38	5,22	4,91
P_2O_5	0,12	0,25	0,10	0,07	0,19
Somma . . .	100,58	100,47	100,80	99,55	100,57
Perdita per arroventamento	0,46	0,60	0,79	1,70	0,60
Somma . . .	101,04	101,07	101,59	101,25	101,17
Pese specifico	2,60	2,62	2,67	2,71	2,56

Il ferro, come si riconosce dalla tabella che precede, fu computato tutto allo stato di ossido ferroso. Infatti la quantità di magnetite contenuta nella maggior parte delle rocce è piccolissima e, nei silicati che compongono queste ultime, il ferro si trova quasi sempre sotto forma di sale ferroso. Quella parte di ferro sotto forma ferrica, che spesso in vero si ritrova nelle rocce eruttive, deve ritenersi generalmente dovuta ad una ossidazione posteriore e perciò, nell' interpretazione del magma, deve essere trascurata.

Allo scopo di determinare dalle analisi chimiche quantitative, le formule magmatiche delle rocce studiate, calcolai anzitutto i rapporti molecolari dei singoli componenti, indi i numeri molecolari riferiti a 100 molecole.

Le tabelle III e IV riassumono tali rapporti e tali numeri per le cinque analisi compiute. Dalla tabella II appare la composizione chimica delle rocce, quale risulta dopo aver ridotto la somma a 100, trascurando la perdita per arroventamento.

Tabella II.

	1	3	5	7	10
SiO_2	76,10	73,06	71,37	67,05	73,76
TiO_2	0,06	0,05	0,14	0,48	0,12
Al_2O_3	10,62	13,63	14,61	15,80	13,83
FeO	0,73	1,52	1,42	2,59	0,82
CaO	1,70	1,10	1,38	2,16	0,70
MgO	1,18	0,62	1,00	1,68	0,33
K_2O	5,31	5,31	4,64	4,93	5,37
Na_2O	4,18	4,46	5,34	5,24	4,88
P_2O_5	0,12	0,25	0,10	0,07	0,19
Somma . . .	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

TABELLA III.

	1	3	5	7	10
SiO_2	126,80	121.80	119,00	111,70	122.90
TiO_2	0,07	0,06	0,17	0,60	0,15
Al_2O_3	10,42	13,37	14,33	15,46	13,56
FeO	1,01	2,11	1,97	3,59	1,15
CaO	3,03	1,95	2,46	3,86	1,24
MgO	2,91	1,52	2,47	4,14	0,82
K_2O	5,63	5,64	5,28	5,22	5,69
Na_2O	6,74	7,19	8,61	8,45	7,87
P_2O_5	0,08	0,17	0,07	0,05	0,13
Somma . . .	156,69	153,81	154,36	153,07	153,51

TABELLA IV.

	1	3	5	7	10
SiO_2	80,93	79,19	77,09	72,97	80,06
TiO_2	0,05	0, 4	0,11	0,40	0,10
Al_2O_3	6,64	9 69	9.28	10,10	8,84
FeO	0,65	1,37	1,28	2,34	0,74
CaO	1,93	1,27	1,59	2,52	0,81
MgO	1,86	0,99	1,60	2,71	0,53
K_2O	3,59	3,66	3,42	3,41	3,71
Na_2O	4,30	4,68	5,58	5,52	5,13
P_2O_5	0,05	0,11	0,05	0,03	0,08
Somma . . .	100.00	100,00	100,00	100,00	100,00

I nnmeri riferiti nelle tabelle III e IV furono calolati, come ben si comprende, non dai numeri della tabella I, ma da quelli della tabella II.

Dai numeri della tabella IV dedussi le formule magmatiche secondo il Loewinson-Lessing (1) e quelle secondo l'Osann (2).

Tali formule appaiono rispettivamente nelle tabelle, che seguono:

(1) *Studien über die Eruptivgesteine*. Congrès géologique international. Compte rendu de la VIIme Session. St. Pètersbourg, 1897. (Imprimé à St. Pètersbourg, 1899).

(2) *Versuch einer chemischen Classification der Eruptivgesteine*. Tschermak's Mineral. u. petrographischen Mittheil., vol. 19-20, an. 1900-1903.

TABELLA V.

Formule magmatiche secondo il LOEWINSON-LESSING.

	α	β	$\overline{RO} : R_2O_3 : SiO_2$	$R_2O : RO$	$K_2O : Na_2O$
1	5,02	23	1,86 : 1 : 12,2	1,78 : 1	1 : 1,20
3	4,16	26	1,38 : 1 : 9,12	2,3 : 1	1 : 1,28
5	3,74	29,5	1,45 : 1 : 8,32	2 : 1	1 : 1,63
7	3,14	36	1,63 : 1 : 7,26	1,2 : 1	1 : 1,62
10	4,29	24,6	1,23 : 1 : 9,07	4,2 : 1	1 : 1,39

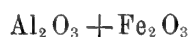
TABELLA VI.

Formule magmatiche secondo l'OSANN.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	s	A	C	F	n	a	c	f
1	81,0	7,89	0,00	4,44	5,5	12,8	0,0	7,2
3	79,2	8,34	0,35	3,28	5,6	13,9	0,6	5,5
5	77,2	9,00	0,28	4,19	6,2	13,4	0,4	6,2
7	73,4	8,93	1,17	6,40	6,2	10,8	1,4	7,8
10	10,2	8,84	0,00	2,08	5,8	16,2	0,0	3,8

Nella maggior parte delle rocce eruttive, la somma molecolare degli alcali è inferiore od eguale al numero molecolare dell'allumina. Quasi tutte le rocce eruttive, in altre parole, sono sature di allumina. In quelle, per le quali è

$$Al_2O_3 < Na_2O + K_2O$$

vi ha generalmente, dice l'Osann (1), una quantità di Fe_2O_3, che sostituisce Al_2O_3 e che compensa il difetto di quest' ultima. Talvolta soltanto, egli continua, può la somma molecolare degli alcali essere maggiore della somma

$$Al_2O_3 + Fe_2O_3$$

ed il fatto sarebbe collegato alla presenza nella roccia di componenti accessori, di solito piuttosto rari, quali l'enigmatite, l'eudialite e forse altri ancora.

Quando si ritrova un tale eccesso di alcali rispetto alla somma $Al_2O_3 + Fe_2O_3$, esso deve venire computato nel numero A, così che questo numero comprenda tutti gli alcali, che l'analisi ha dimostrato essere contenuti nella roccia (2).

Io per ciò, calcolando secondo l'Osann la formula della roccia n. 1 (per la quale è appunto $Al_2O_3 < K_2O_3 + Na_2O$ e non vi ha ferro bastante per compensare il difetto delle molecole di allumina), aggiunsi al numero 6,64, che si riferisce a queste ultime, la differenza 1,25, che rappresenta la quantità eccedente di alcali. In tal modo ottenni per A il valore 7,89, per la discussione ed esatta interpretazione del quale dovrebbero soccorrere, secondo il ricordato autore, le indagini microscopiche.

(1) A. Osann, op. cit., XXII, 1903, pag. 336.
(2) A. Osann, ibidem.

Dico subito che, sebbene abbia con grande cura osservate le sezioni sottili della roccia n. 1, non ritrovai in esse nessun minerale, la cui presenza potesse spiegarmi la causa del non comune rapporto numerico, che l'analisi chimica ed il calcolo dimostrano essere, nella roccia n. 1, fra le molecole di allumina e quelle degli alcali.

Debbo perciò lasciare insoluta la questione, che naturalmente sorge, intorno alla natura del gruppo molecolare, del quale farebbero parte le molecole di ossidi alcalini, che, nella roccia n. 1, non sarebbero collegate all'allumina.

Diagramma, secondo Brögger, delle rocce granitiche di

Gruppo Maggio

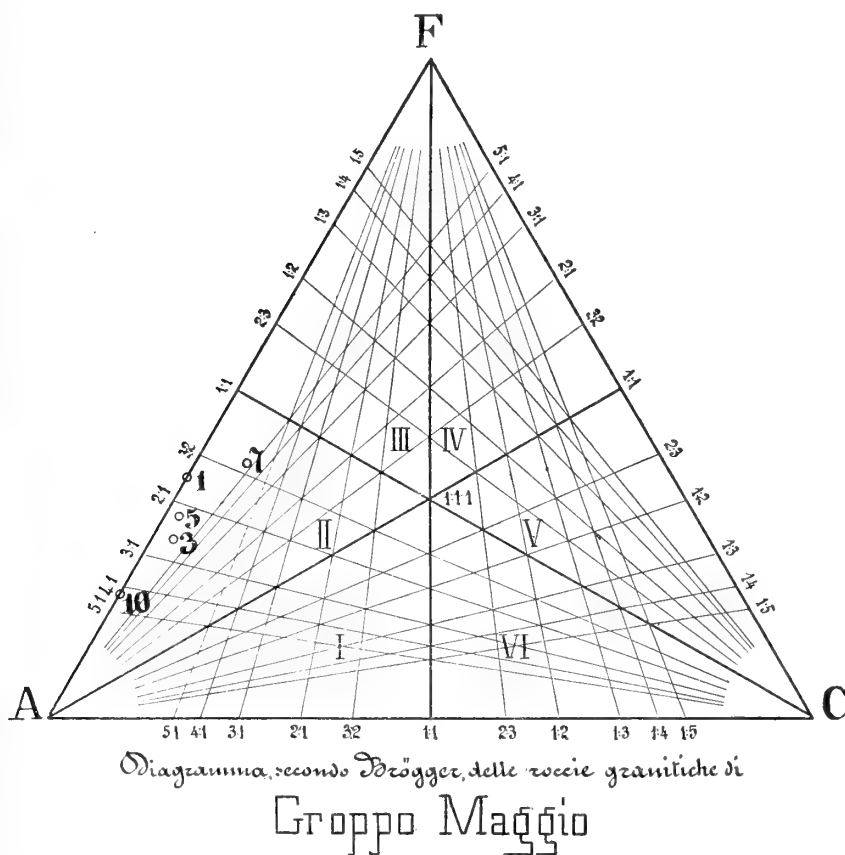



Fig. 2.

Le formule delle rocce, che calcolai seguendo i criterî dianzi ricordati e che ho riferito nelle tabelle V e VI, non offrono per sè stesse un mezzo semplice, il quale permetta di riconoscere in breve tempo le relazioni di composizione, che corrono sia fra le singole rocce studiate, sia fra queste e le moltissime rocce conosciute.

Per ciò stimai utile trarre dalle formule magmatiche, desunte dall'analisi chimica quantitativa, una rappresentazione grafica della composizione del magma. Ed a tal uopo, seguendo il Brögger, il Becke, il Lang, l'Osann ed altri, costruii il diagramma, che si vede nella fig. 2, deducendolo dalle formule della tabella VI.

Anche da un semplice sguardo rivolto a tale diagramma, appare una notevole differenza fra la composizione delle cinque rocce studiate chimicamente. I punti

corrispondenti cadono infatti tutti nel triangolo II, ma a distanza spesso non piccola uno dall'altro: le rocce, che si avvicinano in maggior grado fra loro, sono quelle distinte dai numeri 1, 3 e 5; si scosta da queste la 7 e più ancora la 10.

Mentre è poco diverso nelle cinque rocce il rapporto $a:c$ (soltanto nella 7 esso si allontana un po' più dal rapporto medio) è variabile in modo evidente il rapporto $a:f$.

Si vede inoltre, osservando il diagramma ricordato, che i punti, i quali rappresentano le cinque rocce di Groppo Maggio analizzate, cadono bensì nell'area corrispondente alla famiglia dei graniti, ma più specialmente in quella, in cui cadono — fra le rocce di differenziamento (*Spaltungsgesteine*) — le apliti e le pegmatiti, tanto granitiche che sienitiche.

La composizione percentuale e le formule magmatiche dimostrano infatti, nelle rocce di Groppo Maggio, un'acidità notevole rispetto a quella dei graniti; per i quali il Loewinson-Lessing riporta un valore medio di $\alpha = 3{,}91$: soltanto la roccia 7 è un poco meno acida e si accosta per questo carattere alle sieniti, per le quali, secondo lo stesso Loewinson-Lessing, α sarebbe intorno a 2,34.

D'altra parte le rocce studiate sono povere di calce, magnesia ed ossido ferroso, ossia degli elementi basici bivalenti, mentre sono ricche di alcali ($R_2O : RO$ oscilla fra un valore minimo di 1,20 nella roccia n. 7 ed uno massimo di 4,2 nella 10). Fra questi ultimi, la soda trovasi in quantità leggermente maggiore rispetto alla potassa: nelle notazioni del Loewinson-Lessing (tabella V), appare $\frac{Na_2O}{K_2O} \geqq 1{,}20$; in quelle di Osann (tabella VI, colonna 5) il numero n di molecole di soda contenute in dieci molecole di alcali è compreso fra 5,5 e 6,2. Per questo valore molto variabile di n $(5 \leqq n < 7{,}5)$, le rocce studiate farebbero parte tutte della serie β dell'Osann.

I caratteri chimici risultanti dalle analisi quantitative compiute intorno a cinque esemplari diversi delle rocce granitiche di Groppo Maggio, pure avendo la massima importanza come elementi di classificazione, non permettono tuttavia, senza il soccorso delle indagini microscopiche, di conchiudere nulla intorno alla natura di tali rocce. Le ricerche microscopiche soltanto possono in fatti rilevare con esattezza la composizione mineralogica di una roccia, la struttura di essa, l'ordine di cristallizzazione dei varî minerali componenti: caratteri questi sempre importantissimi, spesso anzi necessarî per il riconoscimento e per la denominazione della roccia stessa.

Prima quindi di trarre, dalle indagini chimiche, un qualsiasi giudizio intorno alle rocce studiate, riferirò quanto potei osservare, per mezzo del microscopio, anzitutto nelle cinque rocce delle quali feci l'analisi, indi nelle altre cinque, distinte con i nn. 2, 4, 6, 8, 9 e nella roccia di contatto, distinta con il numero 11.

La roccia n. 1 (tav. I, fig. 1) è bianca-grigiastra con scagliette brune-lucenti sparse nella massa in modo abbastanza regolare. All'osservazione esterna, fatta anche con l'aiuto di lenti, la massa rocciosa mostra una struttura granulare a grani non molto grossi, simile a quella dei più comuni graniti. Nelle sezioni sottili però tale

struttura appare qua e là modificata da fessure e da screpolature, riempite dagli elementi cristallini della roccia, ridotti a minuti frammenti ed avvicinati gli uni agli altri senza ordine alcuno.

Fra i minerali che compongono la roccia domina il quarzo; seguono ad esso: il microclino, i feldispati plagioclasi, l'ortose, le miche e qualche minerale accessorio.

Il quarzo trovasi in gran parte sotto forma di cristalli non regolarmente limitati e che occupano in modo visibile i vani lasciati dai minerali separatisi dal magma prima di esso: in parte però il quarzo è inchiuso nei feldispati così monoclini che triclini ed in tali condizioni appare quasi sempre nettamente idiomorfo. A sua volta poi il minerale contiene rare inclusioni di piccoli cristalli feldispatici, aventi aspetto poliedrico.

Il microclino è abbondante, benissimo conservato e mostra assai evidente la struttura reticolare. Ricco di inchiusioni quarzose, contiene anche piccoli geminati lamellari di plagioclasio: le inclusioni di quarzo sono grossi cristalli idiomorfi con spigoli ricurvi; i geminati del feldispato, pure idiomorfi, appaiono più o meno alterati nella loro parte centrale.

I plagioclasi mostrano quasi tutti la geminazione albitica. Hanno grandezza variabile e presentano una notevole alterazione: questa rispetta comunemente la zona più esterna del feldispato ed è dovuta alla formazione di caolino, o, in minor grado, di minutissime scagliette di mica bianca. Sempre in cristalli non idiomorfi nella massa della roccia, i plagioclasi hanno contorni nettamente poliedrici allorchè sono inclusi nell'ortose, nel microclino ed anche nel quarzo. Questi inclusi appaiono assai meglio conservati e l'alterazione non ne invade che la parte centrale. È notevole inoltre che, fra la mica ed il caolino contenuti nei plagioclasî, spiccano cristalli idiomorfi di quarzo aventi grandezza variabile e spigoli qua e là arrotondati. Spesso anche sono visibili eleganti associazioni di feldispato e di quarzo, nelle quali quest'ultimo sembra essere penetrato nel primo sotto forma di prolungamenti sottili ed irregolari, che dalla parte più esterna del cristallo si stendono verso il mezzo.

Debbo infine ricordare che, fra i varî minerali inclusi nei plagioclasi, potei osservare certi piccoli e rari cristalli, aventi l'aspetto di prismi tozzi, terminati da brevi piramidi e facilmente ritrovabili, perchè privi di sfaldatura, molto screpolati e dotati di una forte rifrangenza congiunta ad una birifrangenza pure assai notevole. In alcune delle altre rocce esaminate, mi fu possibile di bene riconoscere i caratteri ottici di tali cristalli: su sezioni trasverse di questi potei infatti ottenere una bella figura di interferenza uniassica e determinare con certezza il carattere positivo della birifrangenza, sovrapponendo alla figura una lamina di gesso a tinta sensibile.

Per determinare i plagioclasî, misurai anzi tutto gli angoli massimi di estinzione simmetrica che presentano, rispetto alla traccia del piano di geminazione, le sezioni normali a (010) dei geminati secondo la legge albitica. Orbene, nei plagioclasi della roccia n. 1 tali angoli di estinzione da me misurati oscillano intorno a 15°, presentando più spesso valori compresi fra 14° e 15°,30′.

Fatti poi, seguendo il metodo del Becke [1], i confronti fra gli indici di rifrazione del quarzo e quelli dei plagioclasî, ottenni sempre:

[1] F. Becke, Min. u. petr. Mitt. *13*, 1892-1893, 385.

nelle sezioni, che presentavano gli assi di massima e minima elasticità rispettivamente paralleli nel quarzo e nel feldispato:

$$\alpha' < \omega \quad ; \quad \gamma' < \varepsilon ;$$

in quelle, per le quali questi assi erano perpendicolari:

$$\alpha' < \varepsilon \quad ; \quad \gamma' < \omega .$$

Dal che dedussi essere gli indici α, β e γ dei plagioclasî esaminati minori di ω.

Inoltre, dopo aver determinato per mezzo del rifrattometro di Pulfrich l'indice di rifrazione dell'olio di garofani, che mi proponevo di usare, ne posi una goccia sopra una sezione scoperta della roccia, liberata con benzina dal balsamo ed intaccata qua e là secondo linee rette con una punta di diamante: dopo aver coperto il tutto con un vetrino, osservai lo spostamento della frangia di Becke. In due feldispati, nei quali il fenomeno apparve assai chiaro per essere ben netti i limiti fra minerale ed olio circostante, ottenni:

I	II
$\alpha' < 1,538$	$\alpha' < 1,538$
$\gamma' < 1,538$	$\gamma' = 1,538$

Volli ripetere tuttavia la prova, facendo le osservazioni su minutissimi frammenti ottenuti per macinazione grossolana della roccia in mortaio d'agata ed immersi nell'olio di garofani ($n_D = 1,538$). Ottenni sempre per i frammenti adatti allo scopo:

$$\alpha' < 1,538$$
$$\gamma' \leqq 1,538$$

Infine gli indici di rifrazione dei plagioclasi apparvero in tutte le direzioni minori dell'indice di rifrazione del balsamo del Canadà. Ed è noto che quest'ultimo indice, secondo la temperatura alla quale la resina fu riscaldata, può variare da un minimo di 1,542 ad un massimo di 1,550 (1).

Raccolti dunque i varî elementi di giudizio dianzi riferiti, credo di poter affermare che i feldispati triclini della roccia n. 1 debbano essere considerati quali albiti, assai leggermente calcifere.

Ai plagioclasî segue, per frequenza, l'ortose. Questo feldispato è sempre allotriomorfo, generalmente poco decomposto e con sfaldatura visibile; presenta talvolta la speciale estinzione *ondulata*, che sarebbe dovuta, secondo la maggior parte degli autori, a forti pressioni subìte. Esso, come inclusi, contiene il quarzo sotto forma di piccoli cristalli perfettamente idiomorfi, oppure di grossi cristalli talora tondeggianti, tal'altra aventi parte degli spigoli rettilinei e parte ricurvi. Contiene inoltre plagioclasi di varia grandezza ed in diverso grado di alterazione: dei piccoli, alcuni sono idiomorfi; i grandi non hanno forma cristallina evidente. In questi ultimi è bene con-

(1) Rosenbusch u. Wulfing, *Mikroskopische Phisiogr. d. Mineralien u. Gesteine*, I. 2. pag. 345 (Stuttgart 1905).

servata la sola zona periferica, nei primi l'alterazione è minima: gli uni e gli altri mostrano talvolta un certo ordine di ripartizione ed un notevole parallelismo tra loro; ma generalmente sono sparsi nell'ortose senza alcun ordine riconoscibile.

Le miche, piuttosto scarse, sono di' due specie. Si può osservare infatti nelle sezioni sottili una mica bianca ed una mica bruna, l'una e l'altra tagliate normalmente o quasi alla faccia basale (001) e spesso ripiegate, lacerate o contorte. Non presentano inclusioni, nè alterazioni notevoli; soltanto la mica bruna mostra qua e là di essersi decomposta in sostanza cloritosa. Quest'ultima mica inoltre è fortemente dicroica: rossa-bruna intensa quando il piano di polarizzazione del nicol inferiore è normale alla direzione delle lamelle, appare gialla-pallida quando quel piano è parallelo ad esse.

La misura dell'angolo degli assi ottici, fatta, seguendo il Mallard [1], su frammenti di mica, scelti opportunamente dalla roccia e inclusi nel balsamo, dimostrò per la mica bruna un angolo 2 E quasi nullo; per la mica bianca, al contrario, un angolo 2 E molto grande. Infatti, in quest'ultima mica, osservai $2\,D = 11.5$ [2]: d'onde (calcolando K [3] da una sezione di celestina, che osservata con lo stesso sistema ottico diede $2\,D = 12$ per un angolo di 44°, 36 fra un asse ottico e la normale alla sezione) ricavai:

$$2\,E = 84°,35'.$$

Di apatite non vidi, nella roccia n. 1, che esili cristalli in forma di prismi allungati o di piccoli esagoni.

La roccia n. 3 (tav. I, fig. 3) all'aspetto esterno non appare molto omogenea: bianca-rosea in alcune parti della sua massa, è grigia o nera in altre parti, nelle quali sono preferibilmente accumulate scagliette di mica bruna. All'osservazione microscopica essa mostra una struttura granulare, qua e là interrotta da zone con struttura frammentaria minuta.

Il minerale dominante in questa roccia è il microclino. Seguono poi, per ordine di frequenza decrescente, il quarzo, i plagioclasi, l'ortose, le miche e in fine, come minerale affatto accessorio, l'apatite.

Il microclino appare spesso sotto forma di grandi lamine reticolate poco o punto decomposte e ricche di inclusioni. Fra queste ultime si vedono anzi tutto numerosi piccoli cristalli di quarzo, nettamente idiomorfi, presso ai quali fanno risalto i pochi più grossi aventi spigoli arrotondati. Più rari molto degli inclusi quarzosi sono quelli di plagioclasio, quasi tutti idiomorfi e più o meno alterati. Talvolta vidi il microclino compreso nei plagioclasî e nel quarzo: nei primi con aspetto idiomorfo, nel secondo quasi sotto forma di piccoli frammenti.

(1) E. Mallard. Bull. soc. min. d. Fr. 5, 1882, 77-87 e *Traité de Cristallogr.*, II, 1884, pag. 412.

Non potei fare la misura in altro modo, perchè non disponevo dei mezzi necessarî.

(2) 2 D = distanza fra i punti di emergenza degli assi ottici dalle lamine perpendicolari alla bisettrice acuta.

(3) K = costante, che dipende dal sistema ottico usato.

Il quarzo appare idiomorfo soltanto allorchè è incluso sia nel microlino, sia nell'ortose: nei plagioclasi non mi accadde quasi mai di osservarlo. È sempre povero di inclusioni, che si riducono a piccoli frammenti di microclino.

I plagioclasî si presentano molto alterati e pressochè sempre con forme di adattamento a quelle dei minerali, che sono intorno ad essi. Soltanto alcuni piccoli cristalli feldispatici, compresi nell'ortoclasio, mostrano netti gli spigoli ed i vertici del cristallo: i plagioclasî più grossi, che pure si vedono inclusi nell'ortose, hanno limiti irregolari. Idiomorfi, al contrario, appaiono i rari cristalli di microclino e quelli di ortose, contenuti nei maggiori geminati di plagioclasio. Ho già ricordato che le inclusioni di quarzo in quest'ultimo minerale sono rarissime: debbo aggiungere soltanto che anche l'ortose, compreso nei plagioclasî, presenta spesso l'estinzione ondulata.

Il valore degli angoli di estinzione simmetrica, misurati sulla zona normale a (010), toccano in alcune sezioni i 16°; ma, nella maggior parte di queste, non raggiungono che i 14° o 15°.

Per la scarsezza di sezioni di feldispato aventi estinzione comune con quarzi immediatamente vicini e per l'alterazione grande del primo, non potei fare che un solo confronto fra gl' indici di rifrazione dei plagioclasî e quelli del quarzo. Da esso tuttavia risultarono senza alcun dubbio:

$$\alpha' < \varepsilon \quad ; \quad \gamma' < \omega$$

Anche non accogliendo dunque quanto ebbi a vedere operando sui granuli di roccia immersi negli olii essenziali o nel balsamo, perchè, sempre per le condizioni deplorevoli dei feldispati, potrebbero essere dubbie le osservazioni fatte intorno allo spostamento della frangia di Becke, non mancano, parmi, elementi bastanti per giudicare anche i plagioclasi della roccia n. 3 quali albiti assai leggermente calcifere.

L'ortose appare quasi sempre con l'aspetto, che suole assumere dopo aver subìto forti pressioni. Contenuto talvolta nel quarzo, è spesso ricco d'inclusi, fra i quali sono scarsi i cristalli di quarzo, numerosi quelli di plagioclaso, tanto grossi che piccoli ed in gran parte visibilmente idiomorfi.

Fra le miche abbonda la bruna ed è poco frequente la bianca; la bruna inoltre, come ho già detto, non ha una distribuzione regolare, ma si accumula in alcune parti della roccia, mancando quasi affatto in altre, in cui domina il microclino. Questa mica bruna è anche spesso molto decomposta e mutata in sostanza cloritosa: perciò appare quasi sempre di colore verdastro, diversamente intenso (da verde pallidissimo a verde oliva) secondo la direzione del piano di polarizzazione del nicol inferiore. Nelle lamelle parallele al pinacoide basale, il dicroismo è quasi nullo e, in luce convergente, la figura d'interferenza biassica dà a vedere un angolo 2 E piccolissimo. La mica bianca, al contrario, è molto bene conservata e mostra un angolo degli assi ottici, che nell'aria raggiunge gli 80 gradi.

L'apatite è, anche in questa roccia, raramente visibile.

La roccia n. 5 (tav. I, fig. 5) fa parte di un grande masso, che, osservato sopra luogo, risulta formato da ciottoli cristallini durissimi, grossi quanto un pugno, riuniti tenacemente fra loro da una pasta in apparenza granitica. L'analisi chimica e le sezioni sottili furono fatte su frammenti di tali ciottoli.

Questi, di colore grigio-rosso, mostrano, tanto all'occhio privo di lenti, quanto visti per mezzo del microscopio, una struttura finamente granulare molto omogenea. Risultano composti in gran parte dai minerali che formano le rocce distinte dai numeri 1 e 3, variando soltanto i rapporti quantitativi e di connessione fra i componenti. Il quarzo ed i plagioclasî hanno infatti quasi eguale diffusione, mentre sono scarsi il microclino e l'ortose, scarse le miche, rara l'apatite.

Il quarzo, idiomorfo soltanto allorchè presentasi in piccoli cristalli inclusi nei feldispati, contiene: microclino, plagioclasî, qualche lacinia di mica bruna e molto dicroica e rari cristalli (simili a quelli già ricordati per la roccia n. 1) fortemente rifrangenti e birifrangenti, uniassici, positivi e che riflettono la luce con particolare lucentezza metallica-adamantina.

Vidi inoltre nel quarzo, come pure nei plagioclasî e nell'ortose, certi piccoli cristalli prismatici, sottili, allungati, che terminano alle due estremità per mezzo di piramidi nettamente faccettate. Incolori e limpidi, sono positivi nella direzione dell'allungamento; presentano inoltre forte rilievo e qualche frattura trasversale. Penso che essi sieno piccoli topazî od anche, tenuta presente la loro notevole rifrangenza, cristalli aghiformi di sillimanite.

Nei plagioclasi, assai decomposti, l'angolo di estinzione simmetrica, non toccando mai i 16°, oscilla intorno ai 13° e 14°: gli indici di rifrazione, paragonati a quelli del quarzo, risultarono rispettivamente nelle sezioni con assi di elasticità paralleli e perpendicolari:

$$\begin{array}{c|c} \alpha' < \omega & \alpha' < \varepsilon \\ \gamma' < \varepsilon & \gamma' < \omega \end{array}$$

Gli stessi indici, paragonati a quello dell'olio di garofani apparvero quasi sempre minori di 1,538; in alcune sezioni soltanto l'indice massimo apparve eguale.

Da tutto ciò credo di poter dedurre essere i plagioclasî della roccia n. 5 un po' meno acidi di quelli delle altre due rocce precedenti.

Inclusi talora nel quarzo, nel microclino e nell'ortose, contengono specialmente cristalli grandi e piccoli del primo minerale. Contengono anche alcune lamine di mica così bianca che bruna, cristalli aciculari di topazio o sillimanite ed infine, oltre ad esili prismi di apatite ed a granuli di ematite, i cristalli in forma di piramidi tozze, già ricordati più volte e intorno alla cui determinazione riserbo qualche dubbio.

Il microclino non è frequente: sempre ben conservato, dà a vedere inclusioni di quarzo e di feldispati, nonchè cristalli esilissimi, lunghi, positivi nella direzione dell'allungamento e molto rilevati, dai quali si distinguono sottili prismi poco rifrangenti, negativi e con sfaldatura basale: questi ultimi sono senza dubbio prismi di apatite; quelli, al contrario, sono forse cristalli aciculari di topazio o di sillimanite. È incluso talvolta nel quarzo e di rado in altri minerali sotto forma di cristalli idiomorfi; ma generalmente appare allotriomorfo.

L'ortose, piuttosto scarso, presenta spesso una bella sfaldatura ed una distintissima estinzione ondulata. Contiene sovra tutto cristalli idiomorfi di quarzo e di plagioclasî.

Le miche appartengono anche in questa roccia alla varietà bruna ed alla varietà bianca ed hanno gli stessi caratteri, che presentano le miche contenute nelle due rocce studiate.

La roccia n. 7 (tav. II, fig. 7) è di colore grigiastro, tendente qua e là al verdiccio e, anche senza l'aiuto del microscopio, appare di struttura granulare uniforme.

Nelle sezioni sottili si vedono dominare, sovra tutti gli altri minerali, i plagioclasî. Sono questi sempre molto alterati e presentano un angolo massimo di estinzione simmetrica, che tocca i 16°. I loro indici di rifrazione, dai confronti con quelli del quarzo, risultarono:

$$\alpha' < \varepsilon \quad \Big| \quad \alpha' < \omega$$
$$\gamma' < \omega \quad \Big| \quad \gamma' < \varepsilon$$

Paragonati poi a quello dell'olio di garofani, dimostrarono di essere inferiori a 1,538. Senza alcun dubbio dunque i plagioclasî della roccia n. 7 debbono venire riferiti alla specie albite.

Alcuni di tali plagioclasî sono contenuti, in cristalli idiomorfi, nel microclino e nel quarzo, ma la maggior parte assumono la forma da quella dei minerali posti all'intorno ed appaiono ricchi d'inclusioni. Oltre infatti a numerosi cristalli molto rifrangenti e birifrangenti, alcuni dei quali piuttosto grossi ed assai bene limitati, si possono vedere nei plagioclasî: mica bianca e mica bruna, qualche granato, piccoli e rari cristalli aghiformi assai rifrangenti e positivi, granuli di ematite, scagliette esagonali di clorite e finalmente microclino e quarzo; quest'ultimo spesso associato ai plagioclasî sotto forma di compenetrazioni micropegmatitiche.

Ai plagioclasi segue, per frequenza, il quarzo, il quale dà spesso a vedere una spiccata fratturazione dei cristalli non inclusi: essi sono allotriomorfi e contengono, oltre a lacinie di mica, cristalli tondeggianti di microclino e di plagioclasî. È contenuto, specialmente in questi ultimi, sotto forma di piccoli e grossi cristalli idiomorfi; oppure, come ho già detto, sotto forma di associazioni pegmatitiche.

Delle due miche, che sono frequenti nella roccia, abbonda la bruna, è scarsa la bianca. Quest'ultima non offre nessun carattere notevole, che la distingua da quella già osservata nelle altre rocce. La bruna, al contrario, è quasi tutta mutata in sostanza cloritosa, verdastra. Nelle sezioni normali al pinacoide basale e meno alterate è ancora evidente il dicroismo: le lamelle appaiono verdi-rossiccie in una direzione, gialle-pallide nella direzione normale. Si vedono inoltre, nella mica bruna, alcuni cristalli frantumati di un pirosseno incoloro, positivo, con birifrangenza notevole e piano degli assi ottici normale alla sfaldatura. Numerosi sono anche, nella stessa mica, piccoli granati incolori, isotropi, perfettamente idiomorfi e talvolta riuniti in gruppi. Debbo aggiungere che la mica bruna e la bianca appaiono spesso fra loro associate, l'una essendo contenuta nell'altra e che, infine, ambedue sono comprese, in grado diverso, nei varî minerali essenziali della roccia.

L'ortose ed il microclino non sono frequenti: quello mostra la solita estinzione ondulata; questo, contenuto talora nei plagioclasî, ha inclusi cristalli di feldispati e di miche.

L'apatite è rara.

La roccia n. 10 (tav. II, figg. 10 *a* e 10 *b*) all'aspetto esterno è biancastra, granulare ed omogenea.

Vista nelle sezioni sottili si presenta però in parte granulare, ma in gran parte minutamente frammentaria. I varî minerali, che la compongono, sono spesso ridotti in frammenti minutissimi, caoticamente sparsi ed ammassati fra mezzo a piccole zone, in cui la struttura granitica è visibile con chiarezza.

Minerale dominante è il quarzo; seguono i plagioclasî ed il microclino in quasi eguali rapporti ed infine l'ortoclasio, le miche ed i minerali accessori.

Il quarzo, idiomorfo soltanto quando trovasi compreso nei plagioclasi, nel microclino, nell'ortose, contiene cristalli poliedrici di microclino e talvolta anche di quarzo stesso.

Alcuni plagioclasi appaiono ben conservati, altri molto meno. Per il valore massimo dell'angolo di estinzione sulla zona normale a (010) e per gli indici di rifrazione, gli uni e gli altri si rivelano quali albiti. L'angolo dianzi ricordato tocca infatti i 16 gradi; gli indici di rifrazione, paragonati a quelli del quarzo, mostrano di essere rispettivamente: $\alpha < \beta < \gamma < \omega$.

Inclusi spesso nel microclino e nell'ortose, contengono quarzo, rutilo (?), frammenti di serpentino e lacinie di mica così bianca, che bruna.

Il microclino, talora molto fratturato, è ricco d'inclusioni di quarzo idiomorfo. Comprende anche spesso plagioclasi, che contengono alla loro volta piccoli cristalli di quarzo. Come incluso, si mostra soltanto nel quarzo allotriomorfo.

L'ortose ha l'apparenza già osservata nelle altre rocce e presenta le stesse inchiusioni del microclino. Debbo aggiungere soltanto che i cristalli di quarzo sono in esso meno frequenti.

Le miche, spesso sotto forma di lacinie piegate, contorte, lacerate, sono riferibili a due specie: la bianca, con caratteri ottici simili a quelli riconosciuti nella mica analoga delle altre rocce, e la bruna non molto alterata, dicroica e precisamente rossa-bruna quando il piano di polarizzazione del nicol inferiore è normale alla direzione delle lamelle, gialla-verdastra pallida quando esso è parallelo a queste ultime.

I minerali accessorî non sono diversi da quelli ritrovati nelle altre sezioni esaminate. Essi si riducono ad alcuni esili prismi di apatite, a rarissimi cristalli aciculari di topazio o di sillimanite e ad alcuni cristalli con le apparenze ed i caratteri ottici del rutilo.

Ho riferito fino ad ora le osservazioni fatte sulle 5 rocce analizzate: dirò, nelle pagine seguenti, di quelle riguardanti le altre 5 rocce granitiche, non sottoposte allo studio chimico, e della roccia di contatto.

La roccia n. 2 (tav. I, fig. 2) forma l'interessante filone, che ho già ricordato essere visibile nella parte orientale del giacimento di Groppo Maggio.

E' bianca-rosea e contiene grossi cristalli di quarzo e microclino. Al microscopio rivela una struttura granulare, risultante dall'associazione di grandi lamine di microclino e di quarzo, a cui si aggiungono lamine meno estese di plagioclasi, di miche e di ortose.

Il microclino, abbondantissimo e bene conservato dà a vedere compenetrazioni e inclusi di quarzo e di feldispati, nonchè inclusi di microclino stesso e di miche.

Il quarzo, pure diffuso quanto il microclino, penetra talora in quest'ultimo, nei plagioclasi, nell'ortose, nelle miche. Contiene anche molti piccolissimi cristalli, dei quali riesce difficile determinare la natura.

I plagioclasi hanno indici di rifrazione minori di ω del quarzo: quelli di essi, che sono geminati secondo la legge albitica ed in cui la sezione cade normale a (010), mostrano un angolo di estinzione simmetrica, che si aggira intorno a 15°. Debbono dunque essere riferiti all'albite. Non molto alterati, appaiono ricchi di mica bianca e di quarzo: quest'ultimo anzi è spesso associato al feldispato sotto forma di eleganti micropegmatiti.

Delle miche è più diffusa la bianca. Nella bruna, molto ridotta, verdastra per sostanza cloritosa, notasi qua e là qualche granato: nell'una e nell'altra sono inoltre visibili belle compenetrazioni di quarzo ed associazioni delle due miche fra loro. Lamelle di mica, così bruna che bianca, osservansi in fine nei plagioclasi, nel microclino e nel quarzo.

L'ortose è raro, con estinzione ondulata e con inclusioni di quarzo idiomorfo. I minerali accessorî sono rappresentati da alcuni cristalli di rutilo (?), da qualche granato inchiuso nella mica bruna e da piccoli cristalli aciculari positivi, più rifrangenti del quarzo.

La roccia n. 4 (tav. I, fig. 4), bianca-rosea, con parti evidentemente più alterate di altre, attira l'attenzione per la sua particolare struttura. In mezzo a minuti frammenti di minerali che compongono la roccia, vedonsi numerosi cristalli di quarzo di variabili dimensioni, i quali hanno l'aspetto di cristalli idiomorfi con spigoli e vertici ben limitati. Questi cristalli (a cui si devono aggiungere rari cristalli di feldispato aventi gli stessi caratteri) sono sparsi più o meno irregolarmente e quasi porfiricamente nella massa frammentaria della roccia, i componenti della quale sono quelli osservati nelle altre rocce dello stesso giacimento: albite, ortose, scarse miche brune e bianche, microclino e, in quantità lievissima, rutilo (?), topazi (?), granati.

Tutti questi minerali, ma, sovra gli altri, alcuni quarzi, i plagioclasi e le miche sembrano attestare forti pressioni subìte; spesso sono infatti fratturati e contorti in grado notevole.

La roccia n. 6 (tav. I, fig. 6) grigia verdastra, dimostra al microscopio una struttura in gran parte minutamente frammentaria e componenti minerali simili a quelli già ritrovati nelle rocce precedenti. Anche le inclusioni e le associazioni, che si possono osservare nei cristalli di maggiore grandezza, sono analoghe a quelle vedute nelle sezioni, delle quali ho già parlato. Aggiungerò che, pure in questa roccia, i varî minerali, ma in ispecial modo il quarzo, appaiono molto fratturati e le miche spesso ripiegate, contorte, quasi lacerate.

La roccia n. 8 (tav. II, fig. 8) di colore grigio-scuro, lucente per ricchezza di mica bruna, dà a vedere (osservata per mezzo del microscopio in sezioni sottili) una struttura granulare non frammentaria.

Fra i minerali, che la compongono, abbondano il quarzo ed i feldispati: il microclino, al contrario, non si osserva che in piccoli cristalli inclusi nell'uno e negli altri. Delle miche è piuttosto frequente la bruna, molto dicroica e ricca di piccoli granati; scarsa la bianca. Minerali accessorî sono, oltre i granati, il rutilo (?), i piccoli topazi (?) ed infine un pirosseno verdiccio, monoclino, con angolo di sfaldatura intorno agli 86°-88°. Vedonsi anche qua e là tavolette esagonali di cloriti. Fra le inclusioni più importanti ricordo: i plagioclasi, il microclino e le miche nel quarzo; quest'ultimo nei feldispati.

La roccia n. 9 (tav. II, fig. 9) è bianca-grigiastra e con struttura granulare. I minerali componenti sono gli stessi che nelle altre rocce osservate: quarzo, plagioclasi acidi (albite), ortose spesso con estinzione ondulata, microclino, mica bruna dicroica, scarsa mica bianca fra i minerali essenziali; rutilo (?), topazi (?), granati, qualche raro cristallo di apatite fra gli accessorî. Inclusi, si osservano il quarzo ed i granati nei feldspati, questi ultimi nei feldispati stessi; microclino nel quarzo ed alcuni cristalli di plagioclasio nella mica bruna.

La roccia di contatto (tav. II, fig. 11) è verdiccia, poco coerente, ed ha una struttura affatto clastica. In mezzo ai minutissimi frammenti dei minerali essenziali ed accessorî, che non sono diversi da quelli visti nelle dieci rocce granitiche precedenti, appaiono frammenti maggiori, sopra tutto di plagioclasi, di microclino e di quarzo con le inclusioni e le interpenetrazioni comuni.

E' notevole che i feldispati sono relativamente poco alterati e nei plagioclasi è sempre ben visibile la geminazione multipla secondo la legge albitica.

Da tutto ciò che ora ho riferito intorno alle osservazioni microscopiche fatte sulle sezioni sottili dei varî esemplari di rocce granitiche, che formano il giacimento di Groppo Maggio, risulta che non variano in queste i componenti minerali: varia, al contrario, in modo notevole la struttura, la quale, nettamente granulare in molte rocce, è frammentaria, clastica in altre. Mutano inoltre i rapporti quantitativi fra i diversi componenti ed il modo di ripartizione di questi. Tale fatto è in perfetto accordo con quanto ha rilevato l'analisi chimica: anche dalle ricerche chimiche infatti appare, come si è veduto, una notevole differenza fra la composizione delle cinque rocce sottoposte all'analisi; differenza, che si traduce pure in una variazione del peso specifico.

Tutto ciò induce ad ammettere che il giacimento non sia una formazione unica ed omogenea, ma piuttosto un vero e proprio conglomerato, composto non da una sola, ma da più varietà di rocce granitiche.

Se queste rocce poi (come vorrebbero il Pareto [1] ed il Taramelli [2] per altre analoghe dell'Apennino) sieno da considerare quali «*rocce d'imballaggio*», formate, in altre parole, da frantumi strappati dalle maggiori profondità terrestri e portati dall'eruzione serpentinosa ove ora si trovano, non saprei dire. È questa una questione d'indole strettamente geologica, che non oso toccare.

(1) Opera citata.

(2) Opere citate.

Desidero piuttosto, anzichè discutere intorno all'origine delle rocce studiate, richiamare l'attenzione intorno alla natura di esse. Sono tali rocce veri graniti?

Ricordo che le analisi chimiche hanno sopra tutto dimostrato nelle rocce di Groppo Maggio:

1) un'acidità notevolmente superiore a quella dei graniti, la sola roccia 7 essendo alquanto meno acida delle altre;

2) una povertà grandissima di calce, di magnesia, e di ossido ferroso (ossia degli elementi basici bivalenti) congiunta ad una ricchezza non comune di alcali.

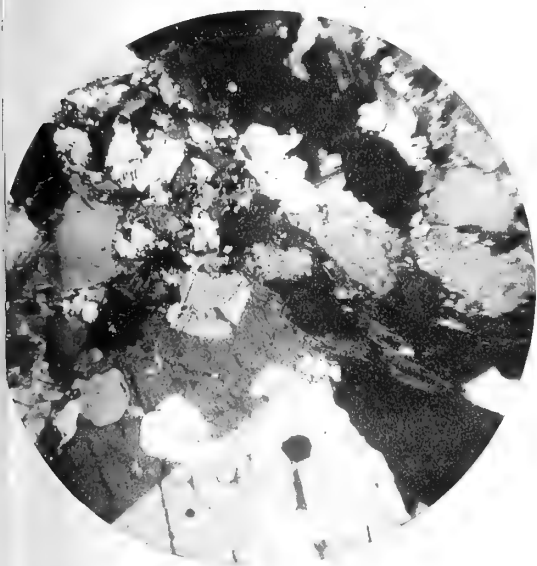
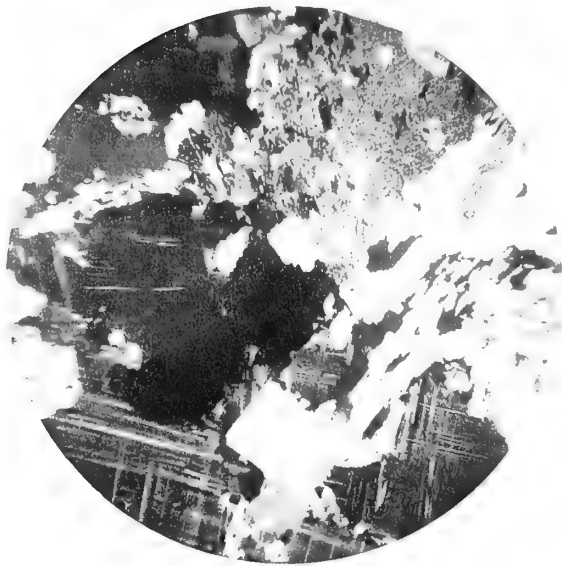
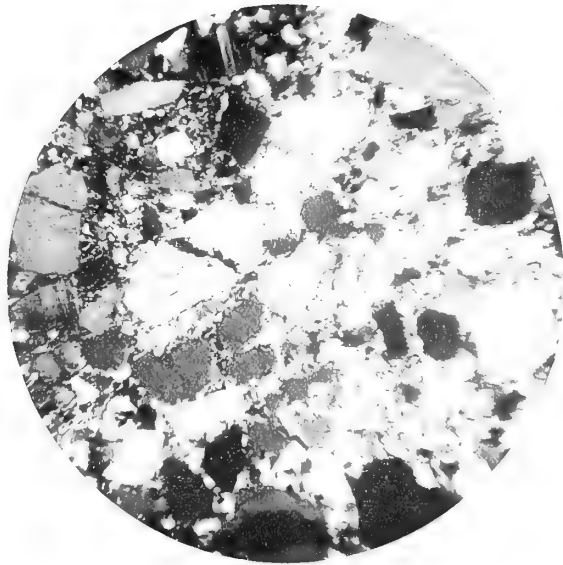
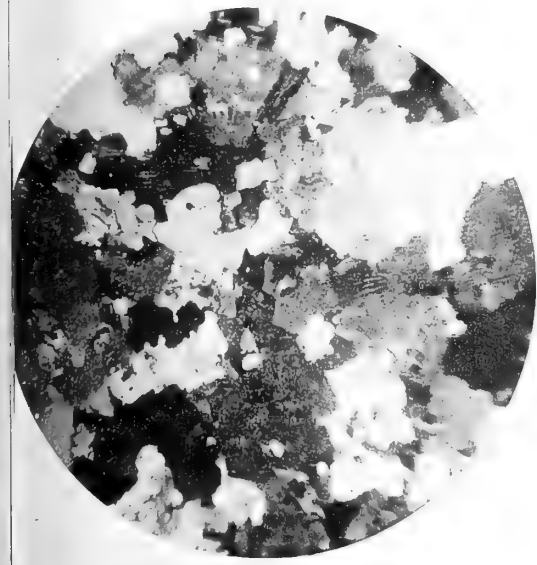
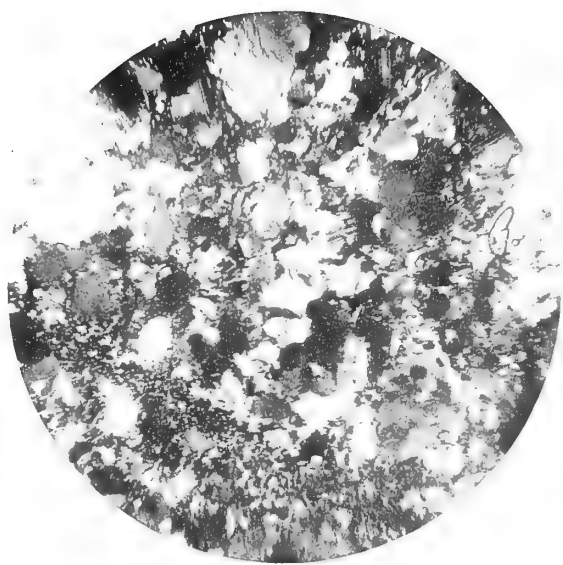
D'altra parte le indagini microscopiche, oltre aver rivelata nelle rocce la presenza di granati e forse di rutilo e di topazi (minerali molto più diffusi nelle pegmatiti che non nei graniti) hanno mostrato un fatto importantissimo, riguardante l'ordine di cristallizzazione dei varî minerali: hanno mostrato cioè (sopra tutto con la presenza dei quarzi idiomorfi nei feldispati, del microclino in questi ultimi e nei quarzi) la mancanza di un regolare succedersi dei periodi di formazione dei componenti le singole rocce ed inoltre una grande mutevolezza delle quantità relative dei componenti stessi.

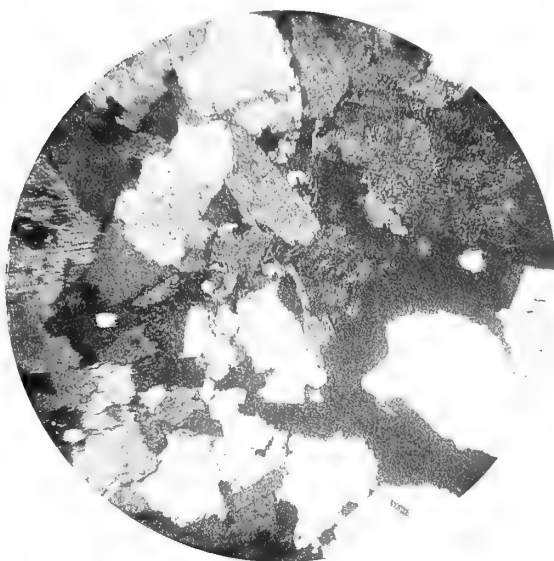
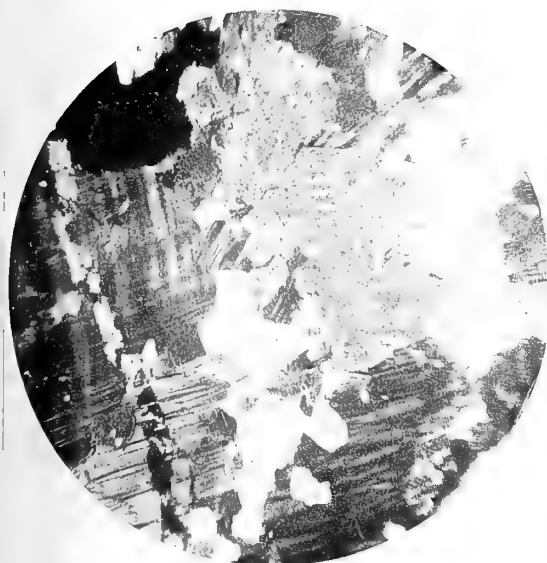
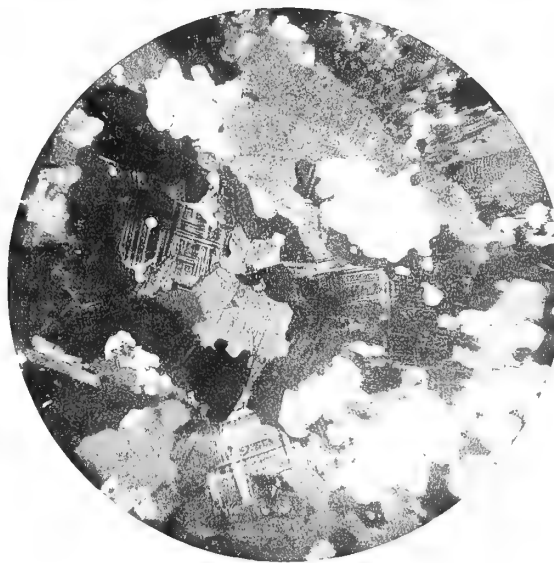
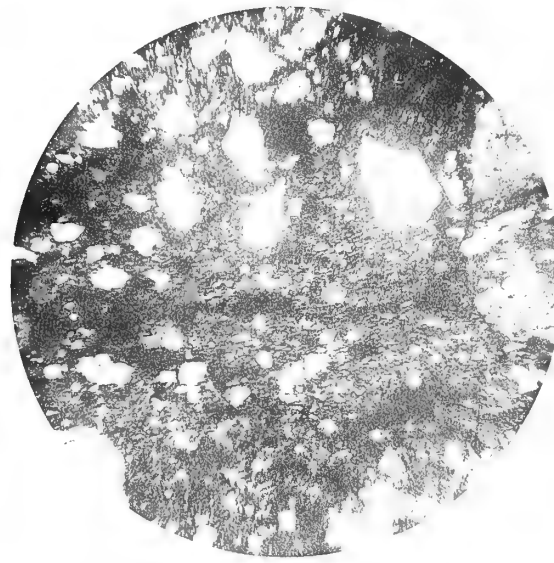
Per tutto ciò che precede credo dunque di dover conchiudere che le rocce del giacimento di Groppo Maggio non sono già veri graniti, ma *micropegmatiti granitiche*: la sola roccia n. 7, che si avvicina per qualche carattere alle sieniti, direi essere più propriamente una *micropegmatite granito-sienitica.*

Riferisco, a conforto di queste mie conchiusioni, le parole del Rosenbusch, che riguardano i caratteri essenziali delle apliti e delle pegmatiti. Egli dice che queste sono « Spaltungsproducte der Tiefengesteinsmagmen, in welchen die alkalischen feldspatbildenden Kerne angereichert sind, der $Ca\,Al_2\,Si_4$ - Kern [1] und besonders die Al-freien Kerne stark, bisweilen bis zum Verschwinden zurücktreten; daher gegenüber der Tiefengesteinen ein Abnehmen der alkalischen Erden, ein stärkeres Hervortreten der Alkalien und der Kieselsäure... » [2]. E più innanzi: « Man hat sich nach Vorgang von Delesse und Naumann daran gewöhnt, alle ungewöhnlich grobkörnigen Granite Pegmatite zu nennen; das führt zu Verwirrungen. Das Wesen der Pegmatite liegt nicht in erster Linie im Korn, sondern im Fehlen einer gesetzmässigen Sukzession der Bildungs perioden der Gemengteile und dann... in einer geringer Beständigkeit der relativen Menge dieser » [3].

[1] Questo gruppo corrisponde al gruppo C dell'Osann.

[2] H. Rosenbusch, *Elemente der Gesteinslehre.* Stuttgart, 1910, pag. 261.

[3] Ibidem, pag. 285.

IMMAGINI DELLE SEZIONI SOTTILI DELLE ROCCE APPARTENENTI AL GIACIMENTO GRANITO-PEGMATITICO DI GROPPO MAGGIO NELL' APENNINO PARMENSE.

IMMAGINI DELLE SEZIONI SOTTILI DELLE ROCCE APPARTENENTI AL GIACIMENTO GRANITO-PEGMATITICO DI GROPPO MAGGIO NELL'APENNINO PARMENSE.

Alcuni mammiferi fossili del Genovesato e del Savonese.

Memoria del Corrispondente ARTURO ISSEL

presentata nella seduta del 16 gennaio 1910

(con quattro tavole)

Si raccolsero, nei depositi pliocenici e postpliocenici del territorio in cui si esercita di preferenza la mia attività, ossa e denti di mammiferi fossili, che non furono ancora descritti ed in parte si riferiscono a specie non ancora segnalate nella regione; perciò credo opportuno renderne conto in questi appunti, a complemento dei lavori pubblicati intorno alla geologia ligure. Si tratta, principalmente, di avanzi frammentarî e mal conservati, dai quali la paleontologia generale non può ricavare gran profitto; ma che non mancano di qualche valore dal punto di vista della cronologia dei singoli giacimenti e della distribuzione geografica e stratigrafica delle specie.

Rhinoceros (Coelodonta) Etruscus, Falconer

Cenni preliminari. — Il fossile che mi accingo a descrivere è una mandibola sinistra, alquanto logora, priva di gran parte della porzione ascendente, destituita in conseguenza dell'apofisi coronoide e del condilo, provvista di sei denti e della sinfisi, alla quale fa seguito la parte anteriore della mandibola destra; a questa si riferiscono alcuni frammenti e quattro denti staccati. Siffatti avanzi, che appartengono al Museo Civico di Savona, mi furono comunicati, coll'incarico di studiarli, dal prof. Niccolò Mezzana, docente presso il R. Liceo e direttore del predetto Museo.

Dallo stesso professore ho ricevuto i ragguagli più precisi e particolareggiati sulla ubicazione e sulle circostanze che si riferiscono al ritrovamento della mandibola. Essa proviene da un punto del territorio di Legino, situato a monte della ferrovia tra Savona e Vado, punto che dicesi *Braia*, ed era situata alla base di un rilievo in forma di piramide tronca, alto circa 28 m. sul livello del mare, residuo di un giacimento di argilla plastica, escavato tutto all'intorno per estrarne il materiale che alimenta le vicine fornaci da mattoni. Il prof. Mezzana soggiunge in una sua lettera quanto segue:

« Avendo notato che attualmente queste cave sono feracissime di fossili e che dalla *Braia*, senza parlare delle copiosissime conchiglie, provengono parecchie ossa

di grossi cetacei, molti esemplari di echinidi, tronchi e coni di conifere, tutti conservati in questo museo, mi rivolsi alla gentilezza di uno dei proprietari, l'ingegnere Luigi Bruno, perchè volesse curare la conservazione dei fossili più importanti che il bidente dei suoi operai avesse per caso messo alla luce. La raccomandazione non andò, come tante altre, a vuoto, perchè l'ingegnere è persona colta che ben comprende l'importanza dei fossili; e così i cavatori da lui ammaestrati, quando il 22 febbraio dello scorso anno, nello staccare un blocco di marna, videro apparire alcuni denti, sospesero tosto il lavoro, e lo continuarono soltanto dopo l'arrivo del segretario del Bruno, il signor Agostino Ciarlo. Questi, che altra volta si era mostrato sollecito dell'incremento delle nostre collezioni geologiche, fece estrarre il fossile coi dovuti riguardi e lo consegnò al proprietario, il quale generosamente ne fece dono al Museo. La mandibola era rotta in tre pezzi; le corone dei molari tutte staccate dalle radici. Liberati i pezzi dalla marna, restaurai alla meglio la branca sinistra insieme alla doccia sinfisiaria, collocando al loro posto i 6 molari corrispondenti; invece i 4 di destra restarono sciolti per la cattiva condizione della branca relativa, friabile e corrosa. Recatomi sul posto, non mi venne fatto di trovare gli altri due molari mancanti, nè altri pezzi dello scheletro; potei però farmi indicare con esattezza il punto da cui il fossile era stato estratto: esso fu tolto dalla faccia laterale del tronco di piramide che è rivolta ad occidente, a circa 10 m. di altezza dalla base inferiore, quindi entro la marna giallastra, poco meno di un metro al disopra del limite di separazione tra questa e la marna cinerea. Ulteriori ricerche mi hanno convinto che la mandibola, trasportata dalle acque di un fiume, restò sepolta nel fondo del mare; infatti nel medesimo strato di marne giallognole ho raccolto valve di *Ostrea cochlear*, *Amussium cristatum*, *Arca diluvii*, identiche a quelle che in maggior copia si rinvengono nelle sottostanti marne cineree ».

La piramide, accennata dal prof. Mezzana, a spese della quale procedono ora gli scavi della Braia, è quanto resta di un rilievo assai più esteso, in gran parte asportato. Fino a circa un terzo della sua altezza essa è costituita di argille di color bigio cinereo, omogeneo, contenenti fossili numerosi, principalmente di piccole dimensioni; al di sopra, si fa un po' sabbiosa e di color giallastro. Ricetta inoltre, superiormente radi ciottoli o ciottoletti, prevalentemente quarzosi e calcari, che si rendono più abbondanti dal basso all'alto; finchè, al sommo del deposito, gli strati sono principalmente formati di ciottoli cementati da sabbia rubiginosa più o meno concreta.

Nella parte della formazione che assume tinta giallastra non osservai fossili, mentre ne raccolsi molti nella sottostante, i quali appartengono tutti alla fauna piacenziana, tanto ricca e svariata lungo il litorale della Riviera di Ponente e in particolar modo nel Savonese (¹).

Il livello che corrisponde al punto in cui fu trovata la mandibola di rinoceronte è indubbiamente piacenziano, e si riferisce forse all'orizzonte superiore di questo piano. Ivi la tinta rubiginosa della roccia è dovuta, io credo, all'azione degli agenti meteorici, favorita dalla sabbia, commista in notevole proporzione all'argilla (la sabbia permette la penetrazione delle acque filtranti e dell'aria).

(¹) Intorno a questa fauna si veda il mio libro *Liguria geologica e preistorica*, vol. I. Genova, Donath edit., 1892.

Quanto agli strati quasi esclusivamente ciottolosi, sia perchè accusano una ingente emersione verificatasi durante il deposito delle assise plioceniche, sia per la circostanza che l'altitudine loro coincide con quella di assise astiane da me osservate nella stessa città di Genova e presso Sestri Ponente, debbono ascriversi, io credo, al pliocene superiore. Essi appariscono litologicamente e stratigraficamente analoghi ad altri conglomerati delle valli del Centa, della Nervia, della Roia, del Varo, ritenuti pliocenici, e mi sembrano un po' diversi dai ciottolati quaternarî, che assumono minor regolarità, quando sono fluviatili, e minore altitudine quando si tratta di depositi marini; ciò, ben inteso, lungo il litorale della Liguria.

Segue il catalogo dei molluschi fossili, raccolti alla Braia da me o dall'ing. Bruno, ed ora conservati presso il gabinetto di geologia affidato alle mie cure.

Murex Pecchiolianus, D'Anc., var. (¹)
Fusus longiroster, Broc.
Triton Apenninicum, Sassi.
Cancellaria lyrata, Broc.
Pleurotoma turricola, Broc.
Drillia Allioni, Bell.
Surcula dimidiata, Broc.
Dolichotoma cataphracta, Broc.
Conus ponderosus, Broc.
Mitra planicosta, Bell.
» *transiens*, Bell.
Urnula cupressina, Broc.
Columbella nassoides, Grat.
» *thiara*, Broc.
Nassa semistriata, Broc., var.
» *reticulata*, Lin., var.
Galeodea echinophora, Lin., var.
Natica millepunctata, Lam.
» *pseudoepiglottina*, Sism., var.
Turritella subangulata, Broc.
Turbo fimbriatus, Borson
Ringicula auriculata, Ménard
Sabatia uniplicata, Bell.
Dentalium triquetrum, Broc.
» *sexangulatum*, Lam.
Discides bifissus, Wood
Cadulus ovulus, Phil.
Ostrea cochlear, Poli, var.
Amussium cristatum, Bronn
Pinna pectinata, Lin., var. *Brocchii*, D'Orb.
Arca diluvii, Lam.
» *dichotoma*, Hörnes
Leda consanguinea, Bell.
» *Hörnesi*, Bell.
Pectunculus glycimeris, Lin.
Trigonocoelia aurita, Broc.
Lucina borealis, Lin.
Corbula gibba, Olivi

Mi astengo dall'enumerare alcuni echinodermi, briozoi, foraminiferi e radiolari, come pure avanzi di piante arboree, fra i quali prevalgono coni di conifere.

I resti di vertebrati, rinvenuti senza eccezione, come quelli dei molluschi, dei molluscoidi, dei protozoi e delle piante, al disotto del livello in cui si trovava il rinoceronte, consistono principalmente in vertebre e coste di cetacei, assai alterati dalla fossilizzazione, e in denti di pesci, uno fra i quali riferibile alla comune *Oxyrhina hastalis*, Ag.

Descrizione del fossile. — La mandibola presenta, come si è detto, il ramo sinistro quasi completo, privo cioè della parte ascendente e quindi dell'apparato con-

(¹) Malgrado le osservazioni di Bellardi e di Sacco (vedasi l'opera *I molluschi dei terreni del Piemonte e della Liguria*, parte I, pag. 89 e parte XXX, pag. 22), ritengo che questa specie debba rimaner distinta dal *Murex conglobatus* di Michelotti.

dilare e della apofisi coronoide; vi si conserva, comunque alterata, quasi tutta la sinfisi, alla quale si unisce piccola parte del ramo destro. Si trovano impiantati nei rispettivi alveoli sei denti quasi integri, cioè la serie dei molari e dei premolari (tav. I, fig. 1). Mancano incisivi e canini. Del ramo destro si conservano pure alcuni pezzi del corpo e quattro denti, che sono i tre premolari e il secondo molare.

La serie dentale sinistra costituisce, veduta dall'alto al basso, un arco assai aperto, che si manifesta per tale solo nella parte anteriore.

E assai notevole il margine inferiore del corpo della mandibola, solo leggermente flessuoso, talchè si può dire quasi rettilineo, e il margine posteriore, regolarmente arcuato (tav. I, fig. 2).

Le fig. 4, 5, 6, 7 rappresentano il secondo molare e i premolari terzo, secondo e primo della mandibola destra, pertinenti al fossile testè descritto; la fig. 3 è l'immagine del secondo molare inferiore della stessa parte di un rinoceronte, scoperto anni sono nel noto bacino lignitifero di Leffe (Bergamasco), molare (conservato nel Museo geologico di Genova) non dissimile dal dente omologo del rinoceronte di Legino [1].

La superficie esterna del fossile è alquanto convessa, nella porzione sottoposta alla ringhiera dentale, e pianeggiante od anche leggermente concava, nella parte sottostante al tratto ascendente. Questo è limitato inferiormente e posteriormente da un margine alquanto ispessito, presso il quale, sulla faccia esterna, si distinguono quattro pieghe tubercolose equidistanti, di dimensioni poco diverse; la più prominente è la terza, procedendo dall'alto al basso.

Al di sotto del primo premolare, a circa 35 mm. sotto il colletto di questo dente, vi ha un primo foro mascellare, accanto al quale se ne apre un altro un po' più grande [2]. Sono entrambi ellittici e diretti dall'avanti all'indietro.

La sinfisi della mandibola corrisponde ad una protrazione con lieve ingrossamento terminale dell'osso; vi si osserva, a sinistra, sempre sul lato esterno, un forellino assai più piccolo dei due già accennati [3]. Più innanzi, verso l'estremità della sinfisi, si scorgono altre due piccole cavità delle quali è difficile rintracciare i caratteri e il significato, a causa delle alterazioni subìte dall'esemplare. Se non sono in errore, la sinfisi stessa presenta i residui di due piccoli alveoli che dovevano dar ricetto a due incisivi, durante l'età giovanile dell'individuo.

Della superficie interna dell'osso non è il caso d'intrattenerci, a causa della sua imperfetta conservazione.

Rispetto ai denti, il primo premolare risulta di due colline assai compresse lateralmente ed arcuate, fra loro compenetrate; ne risulta una figura di corrosione formata da doppio arco alquanto sottile. Nel secondo e nel terzo le due colline sono più distinte fra loro e più sviluppate; la posteriore si inserisce sul muro esterno

[1] Un rinoceronte del bacino di Leffe, che appartiene, secondo ogni probabilità, alla medesima specie fu denominato da Balsamo Crivelli *R. De Filippi* (Giornale dell'I. R. Istit. Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti, tomo III, parte I, p. 317. Milano, 1842).

[2] Nel cammello si danno sempre due fori mentonieri per parte; così è spesso anche nel cavallo.

[3] Circa il numero e la posizione dei fori mentonieri nei mammiferi si veda: Bertelli D., *Forami mentonieri nell'uomo e in altri animali.* (Monitore Zoologico ital., vol. III. Firenze, 1892).

della anteriore. La figura di corrosione risulta anteriormente, in entrambi, di un arco piegato ad uncino o rampino piuttosto stretto, e, posteriormente, di un arco regolare ed aperto. Il primo molare ripete la forma del terzo premolare in proporzioni un po' maggiori, specialmente in ordine alla spessezza; l'arco posteriore della figura di corrosione è assai aperto e irregolare. Il secondo e il terzo molare sono analoghi al precedente; nel secondo l'uncino anteriore della figura di corrosione è più ampio e più aperto, nel terzo è più piccolo e meno insinuato; l'arco posteriore della medesima figura è nei due denti sottile ed assai aperto. Finalmente, tanto nel secondo molare quanto nel terzo, la corona della collina posteriore non raggiunge col suo margine l'altezza di quello della collina anteriore. La corona dell'ultimo molare sporge notevolmente ai due lati della regione radicale, ciò specialmente nella porzione anteriore.

I margini della lamina di smalto che avvolge le colline dei molari e dei premolari, ove questi margini sporgono pel logoramento sofferto dal dente, sono assai minutamente crenati o striati. Ho osservato il medesimo carattere nei denti del rinoceronte dell'isola di Giava, di cui si conserva un cranio presso il Museo Civico di Storia Naturale di Genova.

Nei tre premolari la superficie esterna della corona è poco sporgente; così pure nel primo molare; sporgenza notevole si osserva sopra il colletto nelle corone del secondo e del terzo molare, specialmente alla parte posteriore. Tutti i denti appariscono pianeggianti alla superficie interna, eccettuati i due ultimi molari, nei quali si osserva lieve convessità e sporgenza.

I molari presentano un cingolo basale irregolare, interrotto, manifesto posteriormente sulla collina posteriore e anteriormente sulla anteriore ed anche nel lato esterno di quest'ultima.

Seguono le principali misure:

Lunghezza totale del fossile	metri	0,46
Lunghezza della ringhiera dentale	"	0,224
Altezza del ramo sinistro della mandibola, lungo la perpendicolare al piano orizzontale tangente alla superficie dei denti, che passa pel colletto del terzo molare posteriormente	"	0,085
Altezza dello stesso ramo, lungo la perpendicolare al detto piano che passa pel colletto del primo premolare, anteriormente	"	0,053
Spessezza massima dello stesso ramo, lungo la verticale che passa fra le due colline del terzo molare	"	0,046

Dimensioni dei denti:		Lunghezza massima	Larghezza massima	Altezza massima sopra il margine alveolare
1° Premolare sinistro	mm.	30	19	—
" " destro	"	30	19	27
2° " sinistro	"	34	28	23
" " destro	"	35	25	28

		Lunghezza massima	Larghezza massima	Altezza massima sopra il margine alveolare
3° » sinistro	»	37	31	22
» » destro	»	37	27 ?	25 ?
1° Molare sinistro	»	42	34	25
2° » »	»	45	31	30
» » destro	»	45	29	30
3° » sinistro	»	44	29	30

Determinazione della specie. — Il nostro fossile si riferisce sicuramente, pel complesso dei suoi caratteri, al sottogenere *Coelodonta* di Bronn, il quale si distingue dai gruppi affini per le ossa nasali robuste, sostenute da un setto osseo, e pel fatto che i suoi incisivi e canini sono ridotti ai minimi termini per atrofia o mancano, mentre i molari e i premolari corrispondono alla formola $\frac{4\,,\,3}{3\,,\,3}$. L'animale portava un corno nasale assai prominente, a larga base ed un altro minore frontale. Il sottogenere *Atelodus* di Pomel, assai affine a questo, ha ossa nasali ispessite ed arrotondate con setto osseo che non si protrae fino all'estremità, ed è provvisto di due corna e di dentatura corrispondente alla formula $\frac{4\,,\,3}{4\,,\,3}$.

Al primo appartengono le specie *Etruscus* (Falconer), *Mercki* (Jaeger) e *antiquitatis* (Blumenbach); al secondo il *R. pachygnatus* (Wagner) ed altre.

Il fossile di cui diedi così un breve cenno descrittivo non differisce molto dalla mandibola della specie *Javanus* (Cuvier), attribuito a *Rhinoceros, sensu stricto*, di Giava. Questa presenta tuttavolta due robusti canini, dei quali non vi ha traccia nel fossile da me studiato.

I molari e premolari del *R. Javanus* sono foggiati sullo stesso stampo di quelli della mandibola di Legino, pur essendo più larghi (massime i due primi premolari), e si distinguono per la maggiore semplicità, che si manifesta specialmente nella figura di corrosione del terzo premolare e del primo molare: il seno anteriore di detta figura è nel vivente più regolare ed aperto.

La mandibola del rinoceronte di Giava appartenente al Museo civico di Genova presenta un profilo inferiormente più arcuato che non nel nostro; il margine superiore è ingrossato, parzialmente riflesso e reso scabro da sporgenze irregolari, non però foggiate a guisa di tubercoli. Il corpo della mascella è comparativamente meno spesso; vi si osservano a sinistra due fori mascellari alquanto lontani, e a destra uno solo; inoltre da questa parte, al di sotto del canino corrispondente, vi sono altri due piccoli fori accessori.

Nel *R. Mercki* (Jaeger) di Tamboch, illustrato da Portis [1], il profilo della mandibola, massime nel contorno inferiore, arcuato, apparisce diverso. Le pieghe tubercolose della parte posteriore esterna sono ben spiccate e in numero di sei (si vedano le figure 3 *a*, *b* della tav. XIX, nella Memoria citata). La sinfisi sembra più

[1] Portis A., *Ueber die Osteologie von Rhinoceros Merckii, Jag.* ecc. (Palaeontographica, Bd. XXV. Cassel, 1878).

larga; ma il confronto non merita molta attenzione a causa delle alterazioni subite dall'esemplare del Savonese.

La mandibola rinvenuta al Ponte alla Nave, riprodotta dal dott. Ugolini, coi numeri 3 e 4, nella tav. II della Memoria nella quale questo autore illustra il *R. Mercki* della valle di Chiana (¹), ci mostra nel margine inferiore un profilo regolarmente arcuato, ben diverso da quello del fossile di Legino; la serie dentaria non lascia scorgere differenze rilevanti, prescindendo da quelle relative alle figure di corrosione, in parte subordinate alla diversa età degli individui cui appartengono. Anche il ramo mandibolare destro della stessa provenienza, figurato ai numeri 3 e 5 della tavola III della medesima Memoria, non coincide col nostro.

Assai arcuato del pari è il profilo inferiore della mandibola di *Rhinoceros* di M. Pulgnasco, rappresentato dal prof. Simonelli, nella sua tav. V, fig. 2, della Memoria citata più innanzi (²), come pertinente al *R. Mercki.* Meno divergenti che non nel nostro le due branche mandibolari figurate al n. 1 della stessa tavola. Diversa la ringhiera dentale, che non presenta, come nel fossile savonese, le due colline di ciascun molare sporgenti sopra il livello formato dalla superficie di logoramento degli altri denti, differenza che si può spiegare, d'altronde, invocando le conseguenze dell'età nell'individuo conservato nel Museo parmense.

Il *R. megarhinus* descritto dal prof. Capellini (³), non presenta pezzi suscettibili di essere paragonati con quello che forma precipuo oggetto di questa Nota. Il frammento raccolto presso Monte Biancano, figurato ai numeri 2 e 3 della tav. I, dall'autore precitato, ci esibisce una sinfisi di forma diversa, nella quale i due rami della mandibola si riuniscono con minor divergenza che non nella nostra.

I resti di rinoceronte della medesima specie, provenienti dal Monte Giogo, sembrano diversi dal mio esemplare, secondo Simonelli (tav. I, fig. 6 e 7 della Memoria citata) per l'arco formato dal contorno della mandibola nella sua porzione anteriore; mentre l'allineamento dei denti e le loro figure di corrosione non presentano differenze apprezzabili, almeno da quanto l'iconografia permette di osservare.

Il profilo del mascellare inf. destro del rinoceronte di Dusino (attribuito alla specie *Etruscus*) e i denti del medesimo esemplare corrispondono, come risulta dalle figure date dal prof. Sacco (⁴), a quelli del fossile di Legino; senonchè detto mascellare, riferibile ad un individuo più grande e di età più avanzata, avrebbe i molari alquanto più logori. Inoltre, la serie dentale sembra in esso più rettilinea e v'ha un solo foro mentoniero.

In altro mascellare inf. di località indeterminata, forse dell'Astigiana, l'arco della ringhiera dentale risulta conforme a quello del fossile da me descritto, come apparisce dalla fig. 8 della Memoria precitata.

(¹) Ugolini R., *Rhinoceros Mercki, Jaeger, dei terreni quaternari della Valle di Chiana.* Pisa, 1906.

(²) Simonelli V., *I Rinoceronti fossili del Museo di Parma* (Palaeontographia Italica, vol. III. Pisa, 1898).

(³) Capellini G., *Rinoceronti fossili del Museo di Bologna.* Bologna, 1894.

(⁴) Sacco F., *Resti fossili di Rinoceronti dell'Astigiana* (Mem. della R. Accad. delle Scienze di Torino, serie 2ª, vol. LVI, fig. Xª, Xª, Xª).

La stretta affinità che si nota fra il rinoceronte di Dusino e quello di Legino, emerge anche da una seconda illustrazione dello stesso autore [1]: nelle fig. 2, 3, 6, 8 della tav. II, si palesa, infatti, chiaramente il profilo quasi rettilineo del margine mandibolare inferiore, risultando analoghe le pieghe tubercolose, prossime al margine posteriore ascendente; di più altri caratteri comuni si osservano nel profilo della ringhiera dentale, come nell'allineamento dei denti veduti dall'alto al basso.

Anche nel *Rhinoceros antiquitatis*, più comunemente conosciuto sotto il nome di *tichorhinus*, il profilo inferiore della mandibola, piegato ad arco assai risentito, differisce da quello dell'esemplare sottoposto al mio esame; nello stesso profilo la parte ascendente forma con la orizzontale arcuata un angolo ottuso, sostituito nel detto esemplare da una curva regolare. Addurrò a conferma delle mie considerazioni le figure di mandibole riferite al *R. tichorhinus* date nel grande Atlante dell'*Ostéographie des Mammifères* di Blainville (Paris, 1839-1864), come pure la fig. 238 nel vol. IV del *Traité de Paléontologie* di Zittel (traduz. Barrois).

La corrispondenza tra il fossile di Legino e il *R. Etruscus*, secondo l'illustrazione fornita da Falconer [2] si manifesta principalmente nel profilo inferiore della mandibola, che è quasi rettilineo (si veda, nell'opera di Falconer citata più innanzi, vol. 1, tav. XXVII, fig. 2) e la forma della sinfisi (tav. XXVII, fig. 3 e 4). Le figure di corrosione dei molari e dei premolari inferiori del *R. Etruscus* date da Falconer non coincidono con quelle dell'esemplare sottoposto al mio esame, perchè assai più semplici, in seguito a logoramento più inoltrato, dovuto verosimilmente all'età.

Non manca nei molari il cingolo basale segnalato da Boyd Dawkins come proprio al *R. Etruscus*; questo carattere si osserva chiaramente anche in un penultimo molare del bacino di Val Gandino, posseduto dal gabinetto di Geologia di Genova.

Gli autori più accreditati avvertono che è assai malagevole la distinzione di due specie di *Coelodonta* non infrequenti in Europa, cioè l'*Etruscus* di Falconer, proprio al pliocene inferiore e superiore (forse per eccezione anche infraquaternario), e il *Mercki* di Jaeger, che si trova nei depositi quaternarî, ed anche, secondo alcuni paleontologi, nei pliocenici superiori.

Nelle due specie i denti sarebbero eguali o quasi, le piccole differenze segnalate fra i diversi esemplari essendo subordinate all'età e al sesso piuttostochè a caratteri specifici. Comunque sia, dall'esame comparativo di cui ho dato conto, la mandibola di Legino risulta più conforme, pel complesso dei suoi caratteri, all'osso omologo dei rinoceronti fossili riferiti alla specie *Etruscus*, che non alle mascelle di tutte le altre specie, non escluso il *Mercki*. Per quanto concerne le relazioni che intercedono fra questo e l'*Etruscus*, tanto pel complesso dei caratteri assegnati dagli autori ad entrambi, quanto per la loro diversa distribuzione nella serie cronologica, ritengo che debbano rimaner distinti.

Il *R. Etruscus*, come dissi, si trova infatti precipuamente nei depositi pliocenici, inferiori e superiori, e fu segnalato nei più profondi della serie postpliocenica.

[1] Sacco F., *Le Rhinoceros de Dusino*. Lyon, 1895.

[2] *On the European pliocene and postpliocene species of the « genus Rhinoceros »*, Palaeontological Mem. edit. by C. Murchison. London, 1868.

Il *R. Mercki* è invece quasi esclusivamente quaternario (secondo la più razionale definizione di questo periodo), e sembra confinato di preferenza negli orizzonti inferiori e medî. Mentre questa specie è abbondantemente rappresentata fra gli ossami esumati dalle caverne dei Balzi Rossi, nella grotta del Principe in ispecie, il *R. Etruscus*, quantunque non raro in Italia, non era stato fin qui segnalato nei terreni della regione ligure.

La sinonimia dei rinoceronti europei fossili è piuttosto confusa e complicata.

R. leptorhinus (Cuvier pro parte) e *R. megarhinus* (de Christol) sono per Lartet una sola specie, che coincide col *R. Mercki* (Jaeger).

Per Falconer, *R. leptorhinus* (Owen pro parte, non Cuvier) e *R. hemitaechus* (Falconer) sono sinonimi, e così *R. Etruscus* (Falconer) e *R. leptorhinus* (Cuvier, pro parte).

Secondo Brandt, *R. Mercki* (Jaeger) non differisce da *R. Etruscus* (Falconer).

Per Portis, *R. Mercki* (Jaeger), *hemitaechus* (Falconer) e *leptorhinus* (Owen), debbono essere riuniti in una sola specie.

Zittel ammette l'identità delle specie *Mercki* (Jaeger), *leptorhinus* (Owen, non Cuvier), *Aymardi* (Pomel) e *hemitaechus* (Falconer) [1].

Quasi tutti gli autori recenti ammettono l'identità del *R. antiquitatis* (Blumenbach, 1807) col *R. tichorinus* (Fischer, 1814).

Nella diversità di apprezzamenti relativi alle forme e specie *Etruscus*, *Mercki*, *leptorhinus*, *megarhinus*, *hemitaechus*, io non dispongo dei materiali necessarî per proferire un giudizio fondato. Ritengo tuttavolta legittima, in base alle mie osservazioni, la separazione del *R. Etruscus* come specie autonoma.

Rhinoceros sp.

Si conserva nel Museo geologico della R. Università di Genova gran parte di un metatarsiano di rinoceronte, assai alterato, proveniente esso pure dalla formazione pliocenica di Savona, del quale non è altrimenti precisata l'ubicazione, ed appartiene ad una raccolta di fossili formata molti anni or sono dal prof. Adolfo Perez a Savona stessa e in altri punti, donata poi dal medesimo al Museo di Storia naturale da cui ebbero origine gli odierni istituti universitarî di zoologia, anatomia comparata, mineralogia e geologia.

Confrontato il mio fossile con lo scheletro del *Rhinoceros Etruscus* di Dusino, conservato nel Museo torinese, apparisce pertinente, secondo ogni probabilità, al metatarsiano interno dell'arto destro. Esso presenta il capo articolare inferiore, e manca del superiore per antica mutilazione. È poco presumibile che questo avanzo si riferisca a specie diversa dal *R. Etruscus*, cui, anche per considerazioni stratigrafiche, conviene attribuirlo.

Mastodon sp.

Questo genere è rappresentato fra i fossili pliocenici del Savonese conservati nel Museo geologico di Genova da un frammento dell'ultimo molare inferiore destro, il

[1] Zittel K. A., *Traité de Paléontologie*, trad. Barrois, tome IV, pag. 295. Paris, Munich et Leipzic, 1894.

quale comprende parte della corona con un tubercolo integro e porzione di altri; si tratta propriamente della estremità anteriore del dente, colla prima collina e parte della seconda dal lato interno. L'esemplare, raccolto dal dott. Adolfo Perez (probabilmente nelle cave di argilla figulina delle Fornaci) quando, molti anni or sono, questi era docente di Storia naturale nel Liceo di Savona, fu poi depositato dal raccoglitore nel Museo di Storia naturale della R. Università di Genova, d'onde passò al gabinetto di geologia, ed appartiene senza dubbio ad un giovane individuo (tav. I, fig. 8).

Il frammento ha forma di prisma quadrangolare, irregolare, e misura poco più di 5 cm. di lunghezza, circa 4 di larghezza, e 5 di altezza. Il tubercolo integro visibile in questo fossile si può paragonare ad un tronco di cono alquanto compresso, un po' spianato per logoramento nella parte corrispondente al vertice; esso misura 33 mm. d'altezza ([1]).

La determinazione fu avvalorata dal giudizio del mio egregio collega ed amico prof. Fabrizio Parona, il quale mi pose sotto gli occhi una mandibola di mastodonte integra, con tutti i suoi molari, e mi additò la posizione che veramente si addice al frammento di Savona. La specie cui questo si riferisce è, secondo ogni probabilità, il *M.* (*Tetralophodon*) *Arvernensis* di Croizet et Joubert, comune nei depositi pliocenici d'acqua dolce del Piemonte e della Toscana.

Elephas meridionalis?

Dal prof. Nicolò Mezzana, direttore del Museo civico di Storia naturale di Savona, ebbi in comunicazione un frammento di molare elefantino; e, profittando della facoltà che mi fu gentilmente concessa, ne reco un cenno descrittivo fra queste note. Premetto che il fossile, il quale era compreso nella raccolta legata dal compianto Piccone al Museo savonese, fu rinvenuto nell'alveo del torrente Legino e proviene, secondo ogni probabilità, da un lembo di marne o sabbie plioceniche, disgregato per opera delle acque correnti, durante le piene. Esso risulta di tre lamelle assai guaste, nelle quali appariscono ben manifesti il rivestimento smaltoide e la dentina, mentre scomparve gran parte del cemento. Stante la loro brevità relativa e la circostanza che, presso l'estremità radicale, dette lamelle appariscono un po' arcuate, credo poterle riferire alla porzione interna di un molare inferiore sinistro, probabilmente al quarto. In questa persuasione sono venuto in seguito ai confronti che potei fare, coll'autorevole ausilio del prof. A. Portis, presso l'Istituto Geologico di Roma, il quale possiede una ricchissima serie di proboscidiani fossili. La superficie triturante, arrotondata, non presenta che lievi tracce di logoramento per masticazione; all'estremità opposta le tre lamelle sono allargate, troncate e disgiunte (tav. 1, fig. 11).

Il frammento misura mm. 150 d'altezza e 55 di larghezza; la spessezza massima della lamella media è di mm. 15. Quantunque si tratti di parte ben piccola di un molare, che, inoltre, ebbe a soffrire di logoramento per fluitazione, pure i caratteri delle tre lamelle, e specialmente la proporzione fra la spessezza, l'altezza

([1]) Questo fossile fu già menzionato nella Nota di S. Squinabol intitolata: *Sui fossili pliocenici di Savona* (Boll. della Soc. geol. ital., vol. III, fasc. 4°. Roma, 1887), e nella mia *Liguria geologica e preistorica*. Genova, 1892.

e la larghezza delle due che sono in migliore stato di conservazione, dimostrano esser questo un avanzo di *Elephas meridionalis* Nesti, vale a dire della specie di proboscidiano più comune nei depositi subappennini, dei quali può dirsi caratteristica.

In una collezione che si conservava anni sono a Bordighera, e che poi fu dispersa, osservai un molare intero riferibile alla medesima specie (almeno così mi parve dopo un esame superficiale), di cui mi dissero fosse stato raccolto a Ventimiglia; ma di tale asserzione non è da farsi gran conto.

Elephas antiquus

La raccolta paleontologica del Museo affidato alle mie cure si arricchì pochi anni addietro di due frammenti di molari d'elefante, per merito del compianto professor Michele Pacini Candelo, il quale li rinvenne nel travertino di Spotorno, ben noto per aver somministrato conchiglie terrestri e alcune impronte di foglie riferibili a piante dicotiledoni.

Uno dei frammenti comprende tre lamelle quasi complete, le quali, pel fatto che vi aderisce parte del tallone anteriore o distale, per la circostanza che presentano due figure di corrosione incomplete per ciascuna, e, stante i rapporti che intercedono fra la superficie della corona e le pareti di esse lamine, leggermente inclinate dall'avanti all'indietro, vista la disposizione di parte di un margine laterale del dente, discretamente conservato, sono da attribuirsi, io credo, ad un secondo molare superiore sinistro.

L'altro frammento presenta solo una metà d'una lamella e piccola frazione di altre due, con porzione dell'estremità anteriore, di un molare che sembra il secondo superiore destro.

La larghezza delle lamelle, la distanza loro rispettiva, la crenatura piuttosto accentuata che si osserva nelle due più conservate, la grossezza del cordone di smalto mi inducono ad ascrivere questi avanzi all'*Elephas* (*Euelephas*) *antiquus* (Falconer) anzichè al *primigenius*, cui mi pareva poterli riferire a tutta prima, pei caratteri più appariscenti ed anche per la provenienza da un giacimento, il quale, avendo fornite fin qui solo poche specie di conchiglie di specie viventi [1], poteva ritenersi di età recentissima o almeno poco remota.

L'*Elephas antiquus*, già segnalato in Liguria nelle caverne dei Balzi Rossi e nei dintorni di Nizza, è una delle specie reputate caratteristiche del quaternario inferiore.

La mia determinazione è avvalorata da numerosi confronti istituiti tra i frammenti ora descritti e molari interi, appartenenti a diverse specie. Essa risulta inoltre in pieno accordo colla descrizione e colle figure date da Falconer nella sua pregiata Memoria sugli elefanti fossili [2].

[1] Issel A., *Delle conchiglie raccolte nelle breccie e nelle caverne ossifere della Liguria* (Mem. della R. Acc. delle sc. di Torino, serie 2ª, vol. XXIV. Torino, 1867); *Liguria geologica e preistorica*, vol. I. Genova, 1892.

[2] Falconer U., *Palaeontological Memoirs and notes edited by C. Murchison*, vol. 2°, pag. 76, tav. IX. London, 1868.

Ricorderò per incidenza come già io abbia descritto due quinti molari inferiori, l'uno destro e l'altro sinistro, di giovane *Elephas primigenius*, rinvenuti durante il 1877 nelle antiche alluvioni della Nervia, a Camporosso (regione S. Andrea), presso Ventimiglia ([1]).

Cervus sp.

Attribuisco a questo genere due falangi, rinvenute nelle marne plioceniche piacenziane alla Braia presso Legino, alla profondità di circa 35 m., ed offerte al Museo geologico della R. Università di Genova, dal compianto prof. Michele Pacini Candelo, al quale furono donate dal cav. Giovanni Scotto. Esse corrispondono perfettamente, per le forme loro alla prima e alla seconda falange dell'arto anteriore del cervo comune; ma ne differiscono per le loro dimensioni assai maggiori (tav. I, fig. 9 e 10).

In confronto della falange omologa di un bove di ordinarie dimensioni, la prima risulta, comparativamente alla lunghezza, assai più stretta e più compressa e colla troclea meno ingrossata. Anche la seconda falange, paragonata a quella omologa di un bove, risulta più grossa e meno strozzata nella diafisi.

Non sarebbe giustificato il tentativo di attribuire le due piccole ossa ad una delle sei o sette specie di cervidi pliocenici, descritte dagli autori, alcune delle quali note solo per parte del cranio; mi basterà soggiungere che si riferiscono ad una specie la cui corporatura raggiungeva quella dei più voluminosi bovini.

Seguono le principali misure ([2]):

Prima falange:		
Lunghezza assoluta dell'osso	mm.	64
Altezza della troclea dalla estremità superiore al punto inferiore del condilo	»	5
Diametro antero-posteriore massimo della estremità superiore	»	35
Diametro antero-posteriore del condilo interno . .	»	21,5
Seconda falange:		
Altezza dell'osso dal sommo dell'eminenza superiore alla parte più sporgente della troclea . .	mm.	46
Larghezza massima antero-posteriore della articolazione superiore	»	32
Spessezza minima del corpo dell'osso, nella parte media	»	21
Larghezza massima della troclea misurata sulla faccia esterna	»	28
Spessezza della stessa	»	21

([1]) Issel A., *Appunti paleontologici*, IV, ecc. (Annali del Museo civ. di St. nat. di Genova, vol. XIV. Genova, 1879). Si veda pure: *Liguria geologica e preistorica*, vol. I. Genova 1892.

([2]) Queste furono ottenute per la massima parte secondo le istruzioni fornite da Hue nel suo *Musée ostéologique*, etc. (vol. I. Paris, 1907).

Spoglie di Sirenii fossili in Liguria.

Oggetto di queste note si è anche di far conoscere il ritrovamento di spoglie fossili, riferibili senza dubbio a sirenii provenienti da varî punti della Liguria in cui non erano stati ancora rinvenuti, e di descrivere alcune ossa di *Felsinotherium* che non figuravano fra quelle illustrate dagli autori.

Il materiale paleontologico di cui ho potuto disporre, quantunque non destituito di pregio, si compone di pezzi tutti più o meno mutilati o logorati, i quali per la alterazione loro non si prestano ad uno studio esauriente. D'altra parte, i resti dei sirenii pliocenici o miocenici italiani, in ispecie dei *Felsinotherium*, furono ampiamente illustrati nei più minuti particolari e con tutta la precisione desiderabile dal senatore G. Capellini (1) e dal prof. A. De Zigno (2), tanto dal punto di vista descrittivo, quanto da quello delle relazioni reciproche tra i diversi generi e le varie specie; sarebbe perciò affatto superfluo in proposito un lavoro d'indole generale. Il dott. Lepsius, dal canto suo, trasse occasione da una estesa monografia degli avanzi perfettamente conservati di *Halitherium Schinzi*, rinvenuti presso Alzei e Flonheim nel bacino di Magonza, per studiare a fondo l'osteologia dei sirenii e istituir confronti tra i pezzi omologhi dello scheletro delle specie viventi e fossili (3). Valgano queste avvertenze a spiegare come io mi sia proposto solo di registrare le osservazioni comparative atte a giustificare la determinazione dei fossili di cui mi sono occupato e di esporre quei particolari, i quali, riferendosi a pezzi non conosciuti dai miei predecessori, hanno per oggetto precipuo di integrare la descrizione di una specie e di un genere già noti.

Felsinotherium di Genova.

Gli scavi eseguiti alcuni anni or sono per la costruzione della nuova via Venti Settembre e per la sistemazione della piazza Deferrari, in Genova, condussero alla scoperta di numerose ossa di sirenoidi, che si trovarono adunate in due gruppi alla distanza di pochi metri l'uno dall'altro, alle falde del colle di Sant'Andrea nell'area sulla quale sorge ora il caseggiato destinato alla Borsa, che fronteggia con uno dei suoi lati la piazza Deferrari, mentre limita coll'altro la via Venti Settembre.

Per gentile intercessione dell'ing. Cesare Gamba, i fossili di cui si tratta furono destinati dall'impresa assuntrice dei lavori all'Istituto affidato alle mie cure, e perciò mi è concesso di descriverli.

Le ossa giacevano alla profondità di 4 a 5 m. sotto il piano stradale originario, nella marna grigia pliocenica, la quale raggiunge al sommo del colle di Sant'Andrea

(1) Capellini G., *Sul Felsinoterio, sirenoide halicoreforme dei depositi littorali pliocenici* ecc. (Memorie dell'Accad. delle scienze dell'Istituto di Bologna, sessione del 15 febbraio 1872).

(2) De Zigno A., *Sui sirenii fossili trovati nel Veneto* (Mem. del R. Istit. Veneto di Sc. Lett. ed Arti, vol. XVIII. Venezia, 1875); *Sopra un nuovo sirenio scoperto nelle colline di Bra in Piemonte* (Atti della R. Accad. dei Lincei, anno CCLXXV. Roma, 1878).

(3) Lepsius G. R., *Halitherium Schinzi, die fossile sirene des Mainer Beckens* (Abhandl. des Mittelrheinischen geol. Vereins. Darmstadt, 1881).

la quota di circa m. 34; la sua potenza massima è ignota, ma supera certamente un centinaio di metri, tenuto conto del fatto che un foro artesiano praticato nel magazzino frigorifero, presso la darsena, attraversò il detto deposito per più diecine di metri sotto il livello marino. Superiormente la marna diventa sabbiosa e ciottolosa ed acquista in certi punti colore rubiginoso, dovuto all'azione degli agenti atmosferici. I ciottoli, per lo più calcari e in parte anche serpentinosi, sono disseminati a varie altezze e più o meno tenacemente cementati dànno pure origine ad amigdale irregolari, ciò per esempio a tergo del palazzo della Posta ([1]). La stessa marna si converte ad un livello inferiore, per piccoli tratti in un calcare argilloso, concreto e tenace, contenente fossili mal conservati e principalmente foraminiferi. Nella medesima località il dott. Roberto Uziel raccolse un grosso frammento di pomice a biotite, assai alterata, l'origine del quale è fin qui problematica.

Uno dei gruppi di ossa era contenuto in una grossa zolla di marna, dalla quale trassi la parte posteriore di un cranio, porzione di un rostro con due incisivi, un osso dell'apparato uditivo, parecchi pezzi di mandibola con un condilo, due vertebre cervicali quasi intere, una falange ecc. Già ne erano stati tolti due molari inferiori. Due conchiglie, cioè la *Pleurotoma rotata* e la *Lucina rostrata*, erano incastrate nella medesima zolla accanto al cranio.

Un altro gruppo d'ossa, rinvenuto ad una certa distanza, comprendeva numerose coste quasi tutte spezzate, due pezzi dello sterno, un frammento d'ischio ecc. Si ignora quale fosse precisamente la posizione di due pezzi di epifisi assai logori e di un altro frammento assai alterato, raccolti dagli operai addetti agli scavi.

Quando queste mie note paleontologiche erano consegnate al tipografo, il 20 gennaio 1910, mi fu trasmesso dall'ufficio d'Arte del Municipio di Genova, un pacco di ossa fossili, raccolte poco innanzi dal sig. Daverio, assistente preposto dall'autorità comunale alla sorveglianza dei lavori in corso d'esecuzione sul colle di Santo Andrea, col compito di provvedere alla conservazione delle reliquie archeologiche messe alla luce degli scavi. Tali avanzi si rinvennero nella marna pliocenica della via Venti Settembre, presso a poco nel punto in cui sorgeva l'antica chiesa dell'Angelo, alla quota di circa 23 m. Esse appartengono tutte ad un sirenio, e consistono in pochi frammenti del capo, delle vertebre, e principalmente delle costole.

Finalmente, pochi giorni or sono (aprile 1910), esaminando il contenuto di un cassetto in cui furono riposti provvisoriamente, nel Museo di Genova, ossami fossili da determinare, vi ho rinvenuto una costa a tre vertebre caudali di sirenio, recatemi nel 1892 da un operaio, che le trovò nella marna pliocenica estratta per dar luogo alla via Venti Settembre, nel punto in cui esisteva la Porta dell'Arco, ora demolita, punto sottostante all'odierno ponte monumentale.

Il deposito che ricettava tali avanzi si trova in continuazione di quello della via Roma e della galleria Mazzini, il quale somministrò i fossili enumerati nella mia Memoria: *Fossili delle marne di Genova*, pubblicata nel 1877 ([2]). Nella parte più prossima ai punti da cui si trassero i resti dei sirenii di cui mi faccio a render

([1]) Superiormente al piano stradale odierno costituiscono come due o tre straterelli irregolari, assai sottili.

([2]) Annali del Museo Civico di Storia naturale di Genova, vol. IX. Genova, 1877.

conto in queste pagine, si raccolsero, oltre ad alcuni denti di *Oxyrhina hastalis* Ag., le seguenti specie di conchiglie:

* *Strombus coronatus*, Defrance
Murex spinicosta, Bronn
" *conglobatus*, Michel.
Ranella marginata, Martini
Pleurotoma rotata, Brocchi
Conus betulinoides, Lam.
Natica millepunctata, Lam.
Cerithium vulgatum, Brug., var.
Chenopus pespelecani, Lin.
Turritella tornata, Brocchi
" *subangulata*, Brocchi
Venus gigas, Lam.
Cytherea multilamella, Lam.
Lucina rostrata, Pecchioli
Arca diluvii, Lam.
Pectunculus pilosus, Lam.
Pinna pectinata, Lin., var. *ventrosoplicata*, Sacco
* *Amussium cristatum*, Bronn
Pecten latissimus, Brocchi
* *Spondylus gaederopus*, Lin.

N.B. Le specie segnate coll'asterisco sono le più comuni.

Le ossa fossili di cui tengo discorso (massime le costole) sono straordinariamente dure, compatte e pesanti, proprietà che conseguono in gran parte dalla loro composizione chimica, cioè dalla proporzione eccezionale di fosfato di calcio e di silice che ricettano [1]; la tinta loro è nerastra come quella delle altre ossa fossili del medesimo giacimento, per effetto di sali coloranti, provenienti dalla marna, dei quali sono impregnati.

Cranio. — La parte più voluminosa ed importante dello scheletro rinvenuto a Sant'Andrea è la regione posteriore del cranio, che comprende quasi tutto l'occipitale, porzione dei temporali, dei parietali e dei frontali (tav. II, fig. 1 e 8).

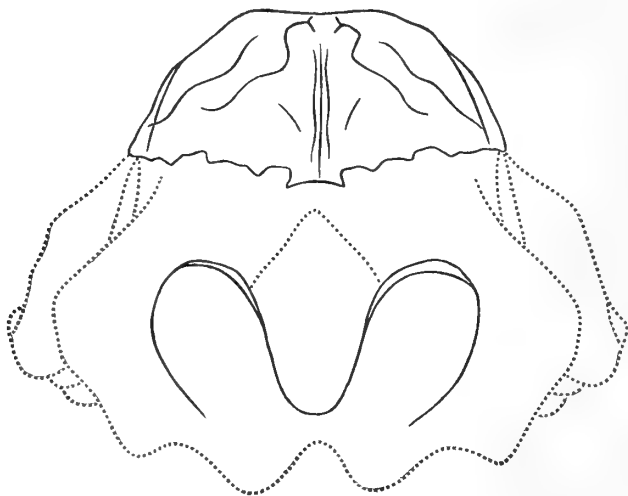
La vertebra occipitale si distacca facilmente dall'occipitale superiore e comprende i condili, uno dei quali, ben conservato nel fossile che mi accingo a descrivere, cioè il sinistro, offre una superficie articolare ovato-allungata e un po' convessa, il cui diametro maggiore è di 53 mm. Il foro occipitale è assai ampio, triangolare, coll'angolo superiore un po' arrotondato. Il suo diametro trasversale fra i due condili è di circa 60 mm.

L'occipitale superiore è formato da una piastra irregolarmente ellittica il cui diametro trasversale è di circa 118 mm. e il longitudinale di 60 a 68; detta parte dell'occipitale è relativamente meno sviluppata che non nel genere *Halitherium* e non separata dalla parte sottostante dell'osso mediante una spiccata strozzatura come in questo genere. Esso presenta una protuberanza ossea per ciascun lato ed un rilievo longitudinale mediano. Superiormente, l'osso è saldato col margine posteriore del parietale, che assume la forma di una piastra rettangolare assai allungata, un po' strozzata nella parte media e quasi perfettamente piana, cioè appena un po' incavata (mentre nell'*Halitherium Schinzi* e nel *Felsinotherium Forestii* è sensibilmente

[1] L'analisi chimica di coste di *Halitherium*, rinvenute in sabbie ed arenarie oligoceniche delle vicinanze di Linz, analisi riportata da Lepsius, reca: 75,20 per 100 di fosfato di calcio con tracce di fluoruro di calcio, 17,34 di carbonato di calcio, 1,10 di acido silicico, 0,92 di alcali e 3,94 di sostanze organiche.

convessa). Notevole la sua spessezza, che raggiunge nella parte anteriore oltre 6 cm. Al parietale fa seguito un piccolo residuo del frontale, ugualmente pianeggiante.

Il foro occipitale apparisce di forma diversa che non nell'*Halitherium Schinzi* figurato da Lepsius (la sua larghezza è comparativamente minore), ed occupa una posizione un po' più alta rispetto alla superficie posteriore del cranio. I processi condiloidei sono meno obliqui.

A render conto dei caratteri del nostro sirenio visibili alla parte posteriore del cranio risulta più efficace della descrizione la figura schematica qui appresso riprodotta, dalla quale si vede come la regione occipitale sia in esso superiormente arrotondata, non limitata ai due lati da due angoli ottusi come nel Felsinoterio di Riosto,

Parte posteriore del cranio nel Sirenio di Genova.

e come la sutura che intercede fra l'occipitale superiore e l'inferiore non sia arcuata come in quest' ultima specie.

Dei temporali non vi ha che un piccolo resto al lato sinistro, colla radice dell'apofisi zigomatica corrispondente; mancano completamente le ossa zigomatiche, le palatine, le nasali.

La regione posteriore del cranio nel *Felsinotherium Gastaldii*, differisce assai da quella dell'esemplare da me studiato per la sutura tra le due parti dell'osso occipitale, che forma un angolo ottuso col vertice rivolto in alto, per la forma del foro occipitale (più largo e più arrotondato) e per la disposizione dei condili, che sono più sviluppati. Inoltre, l'osso temporale è superiormente più rialzato e si mostra più compresso ai due lati.

La sutura frontale è obliterata; la coronale risulta poco manifesta.

Un grosso frammento, disgiunto dalle ossa sopra enumerate, è parte del muso sporgente ed arcuato del sirenio. Si tratta della porzione anteriore, rostriforme, destra dell'osso incisivo, la cui superficie esterna è convessa ed assai levigata, mentre accoglie internamente l'alveolo del dente incisivo corrispondente, il quale apparisce a pro-

filo concavo, colla concavità rivolta in basso e all'indietro, e sembra in ciò diverso dal sirenio di Riosto, illustrato dal prof. Capellini. Detto alveolo è diretto obliquamente ed offre sezione trasversale ellittica, quasi circolare, che si impiccolisce alquanto dall'avanti all'indietro e dall'alto al basso. Esso raggiunge nel mio esemplare 95 mm.; ma quando l'osso era integro doveva aver maggior lunghezza; Alla parte superiore il suo diametro maggiore è di 25 mm., cifra forse un po' esagerata dalla compressione.

L'osso incisivo è più largo che in *Halicore* e in *Halitherium*, a profilo non rettilineo come in questi due generi, ma arcuato. Il frammento che ne rimane, fra gli avanzi summentovati, misura circa 14 cm. di lunghezza (tav. III, fig. 8).

Mandibola. — Ai resti sopra descritti del cranio aderiva la parte posteriore della mandibola destra, colla porzione condilare e la base dell' apofisi coronoide.

Il condilo è claviforme, assai massiccio, poco sporgente dal margine superiore dell'osso; esso presenta nel lato interno una fossetta capace quanto l'impronta lasciata sulla creta molle dall'estremità di un dito umano. Vi si osserva posteriormente una superficie convessa, irregolarmente circolare, che misura nel diametro maggiore 35 mm. La larghezza del condilo stesso è di mm. 35.

L'apofisi coronoide ha la base un po' ingrossata e si termina in un margine rettilineo, troncato, a spigoli smussati che, a quanto suppongo, è così ridotto per azione del logoramento subìto dall'osso (tav. III, fig. 3).

Oltre al condilo e alla base dell'apofisi coronoide, si è conservato un pezzo della mandibola destra, disgiunto dal rimanente, il quale comprende i fori mandibolari, in numero di due, uno prossimo all'altro; il posteriore è ampio, profondo, foggiato ad imbuto e diretto prima da destra a sinistra, poi dall'indietro all'avanti; il secondo si apre in mezzo ad una profonda doccia trasversale. Al disotto dei fori l'osso apparisce assai poroso e provvisto di pieghe irregolari, dirette obliquamente dall'alto al basso.

Rocca petrosa. — All'apparecchio uditivo spetta, nel fossile delle marne di Genova, la rocca petrosa sinistra, osso cuoriforme, un po' arcuato e distorto verso l'estremità assottigliata. Esso non si presta ad uno studio esauriente per l'alterazione subìta, la quale determinò l'abrasione della superficie originaria ed altri guasti. Collocato l'esemplare colla parte appuntata in basso, e sopra il fianco meno convesso e tenendo conto di un pezzetto che manca inferiormente, la sua forma non sembra guari dissimile da quella del pezzo corrispondente nel *F. Forestii*, quale si vede nella fig. 9 della tav. V di Capellini, avvertendo che detta figura rappresenta l'osso destro di un individuo di maggiori dimensioni. Se invece il fossile sia disposto analogamente all'originale della fig. 2, nella stessa tavola, esso risulta assai diverso per la minor larghezza (ciò in particolar modo nella parte media) e per la disposizione delle vallecole (tav. III, fig. 9 e 10). A causa del cattivo stato dell'esemplare, non credo prudente estendere più oltre il confronto.

Nella fig. 5 della tav. IV, è rappresentata una seconda rocca petrosa, che spetta al lato destro, scoperta nello scorso gennaio, la quale è ridotta a metà e soffrì profonde abrasioni, ma lascia scorgere tuttavolta alcuni particolari della superficie man-

cante nell'osso omologo del lato sinistro, di cui ho già tenuto discorso. Le dimensioni dei due pezzi, nella condizione di integrità originaria, dovevano essere equivalenti e però appartenevano probabilmente al medesimo individuo.

Le due rocche petrose di *Felsinotherium* rinvenute ad Orciano e descritte testè dal dott. Ugolini appariscono assai affini, da quanto risulta ispezionando le figure, a quelle del *F. Forestii*, e ben distinte all'incontro dagli esemplari da me descritti, massime quando sieno osservati dalla parte anteriore. A render conto delle differenze, d'altronde, l'iconografia è assai più opportuna della descrizione.

Dimensioni della rocca petrosa sinistra: lunghezza massima mm. 53; larghezza massima, nella parte superiore mm. 40; larghezza minima (alla distanza di mm. 22 dalla estremità inferiore) mm. 20.

Denti. — I due incisivi del sirenio di Genova, ridotti entrambi alla porzione alveolare, sono assai mal conservati e un po' deformati dalla pressione subìta pel seppellimento.

Quello dei due che apparisce meno alterato fu rinvenuto entro l'alveolo destro, presentando al pari di esso sezione trasversale ellittica; è un po' più largo alla estremità posteriore che non all'anteriore e leggermente arcuato; alla sua superficie si distinguono numerose strie longitudinali irregolari e pochi solchi trasversi ondulati. Questo dente è coperto di un intonaco grigio rossastro, assai fragile, e si mostra in gran parte convertito internamente in calcedonio; osservato alla estremità superiore, troncata per antica frattura, si vede come in corrispondenza dell'asse fosse cavo, ma la forma e l'estensione della cavità sono poco discernibili, essendo essa occupata da concrezioni calcaree. Lunghezza, mm. 72; larghezza mm. 39 (tav. II, fig. 9).

Il secondo incisivo, il sinistro, è pur cilindroide ed arcuato, ma assai più stretto. La troncatura presentata dalla sua estremità posteriore apparisce regolarmente circolare; l'estremità opposta, troppo alterata perchè ne sia ben manifesta la forma, sembra alquanto attenuata. Esso pure risulta quasi integralmente sostituito per pseudomorfosi di materia calcedoniosa, e presenta all'esterno residui di un rivestimento periferico assai alterato, che era probabilmente smalto. Lunghezza mm. 72; diametro massimo presso la base, supposto il dente integro, mm. 22.

Gli altri due denti che mi furono consegnati, appartengono alla serie dei molari. Uno di essi, ridotto alla corona non del tutto integra e a piccola parte della radice, non può essere che l'ultimo molare sinistro della mandibola (tav. II, fig. 6). La sua corona, di forma irregolarmente ovale, è un po' schiacciata anteriormente pel contatto del dente contiguo ed offre rilievi e depressioni assai pronunziati, cioè una piccola prominenza tubercolosa (questa all'estremità anteriore) e almeno quattro colline in avanti e un gruppo di altre quattro piccole colline all'indietro; fra questo gruppo e il precedente intercede una valle profonda [1]. Le quattro colline anteriori presentano un principio di logoramento che dà origine a quattro piccole aree pianeggianti tre delle quali anulari.

Il lato anteriore del dente, che trovavasi a contatto del penultimo molare, è

[1] Dico almeno quattro perchè mancando un piccolo pezzo della corona nel lato sinistro, per recente frattura, non è escluso il dubbio che esistesse originariamente un altro rilievo.

pianeggiante, il lato interno e il posteriore sono convessi e turgidi; meno convesso e sporgente il lato interno.

Questo dente somiglia assai, tanto per le proporzioni quanto per la forma, al quarto molare destro superiore di *Halitherium* di giovane individuo figurato da Lepsius nella tav. III, fig. 18*a* della Memoria precitata; senonchè i suoi tubercoli sembrano più sviluppati e meno stipati, massime nella parte posteriore.

Il medesimo dente è strettamente affine a quello figurato al n. IX nella tavola di Bruno (ultimo superiore sinistro), ma è assai più piccolo e presenta, massime nella parte posteriore, configurazione meno complicata per numero di colline e tubercoli, i quali non appariscono inoltre tanto prominenti (¹).

Il dente di Montiglio, quantunque non del tutto uscito dall'alveolo, raggiunge dimensioni più che doppie di quelle del dente di Genova, il quale, presentando anteriormente qualche tubercolo spianato, può dirsi pervenuto ad un grado maggiore di svolgimento.

Nel sirenio di Bruno, tali molari avevano due radici, biforcate alla punta e *terminate da due grossi rebbi rotondi*; ciò però è solo visibile alla parte posteriore dell'ultimo dente.

Dimensioni: lunghezza mm. 26; larghezza circa mm. 22; altezza della corona nel lato interno mm. 20.

Il dente che mi rimane da descrivere appartiene, io credo, alla mascella superiore destra, e corrisponde, se non erro, al terzo (tav. II, fig. 5); ciò inferisco dal confronto del mio esemplare colla fig. 1 della tav. III, data dal prof. Capellini nella Memoria precitata e col modello del *Felsinotherium* di Riosto, già offerto al Museo di Genova dal predetto professore.

Esso presenta corona sottile, pianeggiante, di forma rettangolare ad angoli un po' arrotondati; uno dei lati maggiori è un po' arcuato colla convessità rivolta verso l'esterno, l'altro presenta leggera incavatura. Detta corona, coperta di smalto bruno, lucido, durissimo è spianata dal logoramento, ma non completamente, risultando i suoi margini un po' salienti ed essendo visibile un piccolo tubercolo nella parte media. Le pareti che corrispondono ai lati maggiori sono convesse, le altre due pianeggianti. La porzione radicale risultava originariamente, a quanto pare, di tre brevi fittoni conici assai divergenti, dei quali uno solo incompleto permane.

Dimensioni: lunghezza della corona mm. 16; larghezza massima mm. 16; altezza massima della corona mm. 6; lunghezza di uno dei fittoni della radice almeno mm. 15.

Vertebre. — Si conservano del sirenio di Genova l'atlante e l'asse, entrambi mutilati Il primo è foggiato sullo stesso modello dell'osso omologo del *Felsinotherium Forestii*, ma, oltre alle dimensioni assai minori, se ne distingue per le differenze seguenti: le apofisi articolari superiori sono relativamente più larghe e l'arco posteriore, invece di costituire internamente una curva regolare, come nella specie precitata, presenta una robusta prominenza mediana; senonchè non è da escludersi che l'esemplare studiato dal prof. Capellini abbia subito qualche abrasione per fatto degli

(¹) Bruno, *Illustrazione di un nuovo cetaceo fossile* (Memorie della R. Accad. delle Scienze di Torino, serie 2ª, tomo I, Torino, 1839).

agenti esterni. Le apofisi trasverse, robustissime, sono assai sporgenti e in forma di pestello (tav. III, fig. 1 e 2).

L'asse è incompleto, ridotto cioè al solo arco posteriore, assai robusto e provvisto di grosso tubercolo saliente in alto e di tuberosità laterali; nel margine inferiore presenta per ciascun lato una protrazione corrispondente, a quanto pare, alle apofisi articolari superiori (tav. II, fig. 10).

Argomento dall'esame del modello dell'osso omonimo pertinente al *F. Forestii* che, salvo le proporzioni alquanto minori, la vertebra del sirenio di Genova non dovesse distinguersi per caratteri essenziali da quella del fossile di Riosto [1]; si manifesta invece ben diversa per la forma dell'arco posteriore e specialmente per la disposizione delle faccette articolari dall'asse del *Metaxitherium* illustrato, con altre ossa del medesimo genere, dal prof. Capellini [2].

Fra i resti di sirenî scoperti nello scorso gennaio, sono comprese due estremità di apofisi spinose di vertebre dorsali anteriori, varî pezzi di apofisi trasverse di vertebre lombari, e un osso, meno compatto degli altri, assai logoro, che sembra piccola parte del corpo di altra vertebra; reputo superfluo descriverli, perchè nulla aggiungerei alle cognizioni che già si possiedono sul genere *Felsinotherium.*

Le tre vertebre della Porta dell'Arco sono, se non erro, le prime tre della serie caudale, ed appartengono verosimilmente ad un sirenio simile a quello che lasciò le sue spoglie nelle marne del colle di S. Andrea, ma un po' più voluminoso. Esse sono ridotte al solo corpo, dal quale sporge appena la base delle apofisi trasverse, e presentano ben distinte le faccette articolari delle emapofisi.

Le tre ossa, poco diverse fra loro per forme e dimensioni, sono all'ingrosso cilindroidi con superficie pianeggianti, che accennano a forma tendente a quella di prisma esagono. Le basi, un po' dilatate rispetto alla parte media, appariscono di forma ellittica e leggermente compresse nel senso verticale (supponendo l'animale disposto orizzontalmente).

Dimensioni delle vertebre	Diametro long. della sup. sup. mm.	Diametro trasv. della sup. sup. mm.	Altezza massima fra i margini mm.
Prima o anteriore	93	69	58
Seconda o media.	86	67	52
Terza o posteriore	83	65	50

Le dimensioni relative ai diametri non possono ritenersi esattissime, gli esemplari essendo un po' logori lungo i margini.

Sterno. — A quest'osso appartengono due pezzi, che dovevano essere probabilmente congiunti mediante cartilagini, ad un pezzo intermedio, mancante.

Il pezzo che credo (non senza qualche incertezza) di poter identificare col manubrio o parte anteriore, consiste in una lamina spatuliforme, allargata alla parte

[1] Si vedano nella Memoria precitata del prof. Capellini le figure 3 e 4 della tavola VI.

[2] Capellini G., *Sopra resti di un sirenio fossile ecc.* (Memorie della R. Accad. dell'Istituto di Bologna, serie 4ª, vol. VII. Bologna, 1886).

superiore (che disgraziatamente non è integra), troncata inferiormente e un po' allargata al di sopra della troncatura. L'osso si assottiglia dal basso all'alto e dalla parte mediana verso i margini laterali. Inferiormente, in corrispondenza dell'accennata troncatura, presenta notevole spessezza. La superficie esterna, pianeggiante in alto, è prominente lungo la linea mediana nella metà inferiore e in particolar modo alla estremità. Osservando questa estremità, o meglio il margine posteriore nel senso della spessezza, vi si distinguono due depressioni o fossette, che sono indubbiamente faccette articolari (tav. III, fig. 4).

Dimensioni: lunghezza supposta circa mm. 150; larghezza massima inferiormente mm. 70; spessezza massima inferiormente mm. 20.

Il secondo pezzo dello sterno, il quale era collegato al medio, secondo ogni verosimiglianza, per l'estremità più larga, consiste in una piastra lanceolata, troncata superiormente e terminata in punta smussata nella parte opposta. Esso risulta piuttosto spesso in alto, massime in corrispondenza del margine, per assottigliarsi nella parte media ed acquistare di nuovo maggior spessezza all'estremità inferiore. La superficie esterna è convessa e si rende più sporgente, quasi subcarenata, nel terzo inferiore (tav. III, fig. 5). In alto il margine presenta per ciascun lato una faccetta articolare, che corrrisponde ad un ingrossamento dell'osso. Non sono sicuro, causa le mutilazioni subite dal pezzo alla sua periferia, che non esistessero altre superficie articolari. Dimensioni: lunghezza mm. 170; larghezza massima, tra le faccette articolari, circa mm. 70; spessezza massima (alla parte superiore) mm. 23.

Il posto attribuito ai due pezzi ora descritti, nel genere *Felsinotherium*, è fondato sul riflesso che lo sterno del genere *Halitherium*, assai prossimo al precitato, risulta, secondo Lepsius, di tre pezzi, cioè: uno anteriore rettangolare, a margini non rettilinei, uno posteriore, assai più lungo, di forma irregolare, che si va restringendo verso l'estremità libera, ed uno interposto fra gli altri due, che è assai minore e di forma quadrangolare, presentando la maggior dimensione nel senso trasversale [1].

Lo sterno di *Halicore*, il quale tra i generi viventi si accosta più d'ogni altro a *Felsinotherium*, è costituito di un solo pezzo foggiato a lama, allargata e spatuliforme alla estremità rivolta verso il capo, e troncata alla estremità opposta. Esso presenta nella superficie esterna un rilievo longitudinale medio che svanisce verso l'estremità libera. La parte posteriore, si restringe posteriormente ed è provvista all'estremità di profonda incisura longitudinale mediana; la sua faccia esterna è attraversata da un rilievo mediano. Un rilievo analogo si vede sulla faccia interna.

Lo sterno dei sirenii pertinenti al genere *Manatus*, si riferisce ad altro tipo, essendo costituito di un solo pezzo, in forma di scudo, assai largo nella parte media.

Coste. — I frammenti, riferibili a coste, raccolti nella marna del colle di S. Andrea, si distinguono innanzi tutto per la eburnea compattezza, pel peso non comune, perchè sono affatto sprovvisti di tessuto lacunare o spugnoso, caratteri proprî a tali ossa nei sirenii. Sono da osservarsi alla superficie di alcuni certe serie di brevi solchi o strie parallele, lasciatevi indubbiamente dai denti degli squali che si ciba-

[1] *Halitherium Schinzi, die fossile Sirene des Mainzer Beckens*, I Band. Taf. VI, fig. 73, 74, 75. Darmstadt, 1881.

rono dell'animale prossimo a morire o già morto. Essi appartengono ad un numero di ossa che non saprei precisare, non minore però di 29, mentre è noto che il *Felsinotherium subapenninum* di Bruno possedeva almeno 18 coste per parte e che se ne contano 19 nel Dugong vivente. Fra le coste sottoposte al mio esame, si notano due coppie anteriori brevi, larghe e spesse, completamente diverse da quelle corrispondenti dei *Manatus* e delle *Halicore*. In una di tali coste, a sezione trasversale ellittica e schiacciata, arrotondata ad una estremità, assottigliata e poi troncata all'altra, dalla superficie esterna assai convessa, dalla interna un po' concava, coi margini a spigoli smussati, le dimensioni sono: larghezza massima mm. 60; spessezza massima mm. 43; larghezza della troncatura terminale mm. 26 (tav. IV, fig. 4 e 5).

Considero come parti della seconda o terza coppia anteriore altre quattro coste, due di destra e due di sinistra, assai più lunghe, poco arcuate e colla estremità inferiore terminata a pala (tav. IV, fig. 6).

A due coste della parte media del torace riferisco due frammenti, nei quali è ben manifesta la testa colla sua tuberosità. Alle stesse ossa sono probabilmente da attribuirsi alcuni pezzi alquanto arcuati e a sezione cilindracea.

Parecchi altri frammenti a sezione ovale schiacciata, tutti attenuati all'estremità, che è più o meno troncata, appartengono a coste medie o posteriori. Sono indubbiamente da riferirsi a queste ultime pezzi di poco conto cilindracei, assai più sottili degli altri.

Fra i rimasugli di coste medie o posteriori, più recentemente scoperti, è da citarsi quello figurato al n. 7 nella tav. IV, il quale è piegato ad arco ben risentito, misurando 18 cm. di corda. È un più grosso ad una estremità che all'altra, con sezione trasversale irregolarmente ellittica. La faccia esterna, apparisce più convessa che non l'interna, la quale si rende quasi pianeggiante presso l'estremità sottile; le due superficie concorrono in spigoli arrotondati. Altri due pezzi di coste, meno arcuati, misurano 12 cm. di lunghezza, ed offrono il capo articolare vertebrale notevolmente sviluppato e claviforme.

Nella cassa toracica del Dugong le coste, assai meno robuste che in *Halicore* e in *Halitherium*, crescono in lunghezza dall'avanti all'indietro, tranne che alla parte posteriore, e sono fra loro vicinissime fino alla settima inclusivamente;- le quattro successive sono presso a poco uguali fra loro, mantenendosi ancora assai prossime fino alla nona, poi si rendono più discoste. Notevole l'obliquità straordinaria delle due ultime. Le coste del primo paio, distintissime dalle altre, sono in *Halicore* più brevi, più sottili, non arcuate ed affette da torsione ben manifesta. Non corrispondono ad alcuna delle forme fossili da me passate in rassegna. La seconda e la terza costa sono le più larghe e spesse, ma non assumono larghezza e spessore paragonabili a quelli del *Felsinotherium* di Genova. Nell'ultima costa, che è relativamente breve e sottile la superficie interna presenta un solco longitudinale dovuto all'attrito dell'apofisi trasversa dell'ultima vertebra dorsale. Nelle coste fossili da me esaminate non ho trovato alcuna traccia di siffatto carattere.

Nel genere *Manatus* le coste sono alquanto più larghe e robuste che non nell'*Halicore*, ma meno che nel *Felsinotherium* di cui mi sono particolarmente occupato in queste pagine.

Nel sirenio di Montiglio, conservato presso il Museo geologico dell'Università di Torino, ho potuto verificare che le coste presentano il lato anteriore sempre più convesso del posteriore e lo spigolo interno più acuto dell'esterno. In esso le anteriori sembrano più larghe e spesse e poco arcuate, le medie sono più sottili e più sensibilmente arcuate, le posteriori appariscono un po' flessuose; l'estremità troncata delle coste è sempre la sternale. Pel complesso dei caratteri, che lo stato dell'esemplare (assai mal conservato) permette di osservare, le coste di detto sirenio sembrano conformi a quelle del fossile di Genova, ma meno robuste; non sono però visibili quelle del primo paio anteriore (?), di tipo abberrante rispetto alle altre costole nei sirenii viventi. Così pure non ho osservato nello scheletro del mammifero di Montiglio coste a foggia di cucchiaio, simili a quelle segnalate nel *Felsinotherium* di Genova.

Falange. — Non senza qualche dubbio attribuisco alla seconda falange del quinto dito dell'arto destro un ossetto, raccolto insieme ai residui del cranio del *Felsinotherium* testè descritti; ciò in base al confronto istituito coll'osso omologo della mano di sirenii diversi, e specialmente dell'*Halicore* (tav. III, fig. 7).

La falange fossile di cui si tratta è allungata, assai compressa, lievemente arcuata, con manifesta torsione, assai più larga alla estremità inferiore, che non alla opposta, la quale presenta tuttavia un piccolo allargamento; la sua sezione trasversale è irregolarmente ellittica. E' arrotondata, al capo inferiore, e si termina in superficie obliqua un po' convessa alla estremità superiore. Differisce più che altro per la maggiore robustezza dalla omologa falange dell'*Halicore*. Dimensioni: lunghezza mm. 30; larghezza massima, alla base, mm. 23; spessezza massima mm. 9.

Osso iliaco. — Il bacino del nostro sirenio è rappresentato solamente da una estremità dell'ischio sinistro. Si tratta di un frammento d'osso singolarmente compatto, duro e pesante, in forma di pala poco espansa e assai spessa. Esso è analogo all'ischio dell'*Halicore*, presentando spessezza alquanto maggiore; ma somiglia specialmente al pezzo corrispondente dell'*Halitherium Schinzi*, secondo le figure 82, 84 e 85 della tav. VII di Lepsius (Memoria precitata), nella quale non esiste tuttavolta una piccola protuberanza marginale visibile nel mio esemplare [1].

La lunghezza totale del fossile è di 8 cm.; la sua maggior larghezza, corrispondente a quella della pala, misura 31 mm. e la spessezza (alla base del frammento) 20 mm. La sezione dell'osso, che risulta dalla rottura di esso, avvenuta trasversalmente alla base del fossile è ovato-acuta, con un angolo smussato che corrisponde al margine opposto a quello che porta l'accennata protuberanza (tav. III, fig. 6).

Determinazione generica e specifica. — Fin dal 1830 il dott. Bruno illustrò sotto la denominazione di *Cheirotherium subapenninum* i resti scheletrici (provenienti dal pliocene di Montiglio in Monferrato) di un sirenio genericamente e specificamente distinto dal dugong e dai lamantini, che tuttora allignano nella fauna tropicale, ma riferibile tuttavolta al medesimo gruppo, il quale era denominato in quei tempi, in base ad erronei riferimenti, dei *cetacei erbivori*. Siccome tre anni

[1] A causa di tale protuberanza, supponevo da principio che il frammento fosse riferibile alla estremità dell'ileo sinistro, colla cresta iliaca ed una traccia della spina iliaca anteriore (rappresentata dalla detta prominenza); ho dovuto poi ricredermi, considerando piuttosto la forma generale del frammento.

innanzi Kaup aveva denominato *Chirotherium* l'animale, cui sono dovute le impronte fisiologiche pentadattili, scoperte, quali nell'arenaria variegata presso Hildburghausen, quali nelle vicinanze di Jena, il nome quasi identico per suono ed etimologicamente conforme proposto da Bruno dovette passare in sinonimia, e Capellini vi sostituì ben legittimamente nel 1865 *Felsinotherium*, più corretto e inoltre più rigorosamente definito, pei sirenoidi fossili halicoreformi, pliocenici, i quali erano stati in parte confusi con altri diversi più antichi (miocenici) sotto il nome generico di *Halitherium*.

Il primo rimane ora ben distinto, per accennare ai soli denti, dai suoi quattro molari superiori e quattro inferiori per parte, ai quali se ne aggiunge, secondo Capellini, uno per ciascun lato negli individui che hanno raggiunto un completo sviluppo, e da un incisivo superiore, foggiato a zanna, profondamente impiantato, per ogni parte; ciò senza tener conto di piccoli incisivi e di molari caduchi in età giovanile, che si manifestano negli adulti coi soli alveoli; mancano premolari e canini. In questo genere i molari superiori sono a tre radici e gli inferiori a due.

Nel genere *Halitherium* propriamente detto si hanno normalmente per ciascun lato, secondo Dollo, quattro molari, tre premolari, un canino e un incisivo sopra e sotto. Vi si riferiscono i sirenii pertinenti al tipo dell'*Halitherium Schinzi* miocenico, mentre l'*Halitherium Serresi* di Gervais, e il *Chirotherium subapenninum* di Bruno debbono ascriversi al genere *Felsinotherium*. L'uno e l'altro differiscono per numerose particolarità dai generi *Halicore*, *Manatus* e *Rhytina* ([1]), viventi. Non solo i caratteri della dentatura, ma anche quelli del cranio, della cassa toracica, degli arti giustificano pienamente la separazione dei tre ultimi generi dai sirenii fossili, in ispecie da *Felsinotherium*; non è ugualmente spiccata però la differenza fra questo e *Halitherium*.

Che il sirenio di Genova sia propriamente un *Felsinotherium* lo dimostra prima di tutto la forma del suo cranio, meno stretto nella regione temporale di quello del genere *Halitherium* e provvisto di creste temporali ben distinte, la presenza di due robuste zanne che occupano il posto di due incisivi superiori, la mancanza (per quanto l'ispezione dei resti venuti fra le mie mani permette di argomentarlo) di canini e di premolari.

La sutura frontoparietale è curvilinea come in *Felsinotherium* e non di forma sagittale come in *Halitherium*.

Inutile estendere il confronto ai sirenii di generi viventi, i quali, sia pel numero e la forma dei denti, sia per molti caratteri relativi quasi ad ogni parte dello scheletro rappresentata nelle ossa sottoposte al mio esame, non si possono in alcun modo confondere coll'animale cui tali ossa appartengono.

Per ragioni d'ordine cronologico e in omaggio alle leggi della paleontologia, reputo superfluo dimostrare che il sirenio da me descritto non è riferibile ai generi *Metaxitherium*, *Trachytherium*, *Prohalicore*, *Miosiren*, miocenici, *Prorastomus*, *Hemicaulodon*, *Eotherium* eocenici ([2]).

([1]) La *Rhytina*, affatto sprovvista di denti, fu catturata per l'ultima volta nel mare polare artico durante il 1780.

([2]) Dollo scinde opportunamente il gruppo dei sirenii in quattro famiglie distribuite nei sin-

In complesso il *Felsinotherium* di Genova apparisce alquanto diverso da quello di Riosto, illustrato dal prof. Capellini, per la regione temporale del cranio pianeggiante, relativamente più larga e a creste più arcuate, la quale forma colla parte anteriore dell'occipitale un angolo quasi retto, pei suoi molari, il primo dei quali offre rilievi diversamente disposti, e finalmente pei caratteri della cassa timpanica.

Esso si manifesta pur diverso dal *F. Serresi* di Gervais, secondo le figure di questo fossile date da Pictet ([1]), perchè il suo cranio non ha il profilo arcuato ed è più largo nella regione temporale. Capellini dubita d'altronde che la specie di Gervais possa riunirsi al *F. Forestii.*

Mentre nel mio esemplare il foro occipitale è cordiforme e superiormente angoloso, apparisce trasversalmente ovale e a margine leggermente arcuato nel *F. Gastaldii* di Bra.

Il *F. Gervaisi* Capellini, del Senese si distingue facilmente da quello da me descritto pel profilo curvilineo della sua vôlta craniense e per la forma diversa dell'apparato uditivo ([2]).

Convien notare, d'altra parte, come, secondo Lepsius e Trouessart, *Felsinotherium Forestii*, *F. Gervaisi* e *F. Gastaldii* sieno sinonimi ([3]); senonchè, pur ammettendo che la riunione in una sola specie dei sirenii descritti sotto i tre nomi summentovati, apparisca legittima dal punto di vista del complesso dei caratteri ed anche per la distribuzione geografica e stratigrafica degli esemplari, non è men vero che non si fonda nè si può fondare sopra confronti esaurienti, a causa dello scarso numero e della condizione frammentaria degli scheletri esaminati.

E' probabile che alcune differenze segnalate tra le ossa e i denti omologhi di esemplari diversi di *Felsinotherium* descritti o segnalati dagli autori siano subordinati all'età e al sesso degli individui, e non costituiscano caratteri specifici; ma le cognizioni ancora incomplete che possediamo intorno ai sirenii viventi, in particolar modo rispetto alle particolarità dello scheletro, proprie, nelle varie specie, ai due sessi e al grado di sviluppo, non ci consentono di esporre in proposito alcuna affermazione. Da quanto sappiamo dell'*Halicore Dugong* ([4]), possiamo solo argomentare che i maschi del *Felsinotherium* fossero armati di zanne più lunghe e robuste di quelle delle femmine ([5]).

---

goli periodi che si succedono tra l'eocene e l'attualità: 1) *Prorastomidae* (es. *Prorastomus*); 2) *Halitheridae* (es. *Halitherium, Metaxitherium, Felsinotherium, Miosiren*); 3) *Halicoridae* (es. *Halicore, Rytina*); 4) *Manatidae* (es. *Manatus*). I generi *Felsinotherium* e *Metaxitherium* sono considerati da Steinmann e Doderlein come sottogeneri dei *Halitherium.*

([1]) Pictet, *Traité de Paléontologie*, tav. XIX, figg. 1, 2, 3, 4. Paris, 1853.

([2]) Si veda nella Memoria di Capellini, *Sul Felsinoterio sirenoide* ecc., la fig. 10 della tav. V.

([3]) Trouessart E. L., *Catalogus Mammalium* etc., nova editio, tomus II. Berolini, 1898-1899.

([4]) Brehm A. L., *La vita degli animali*, trad. Lessona, vol. III, pag. 604. Torino, 1896.

([5]) Le zanne brevi e robuste dei Felsinoteri erano destinate verosimilmente a sradicare i tuberi delle litotamnie, cui aderivano bene spesso, come si vede nei mari odierni, in ispecie fra i tropici, tunicati, idroidi, corallari, forse anche cirripedi. I molari, grossi e tubercolosi, sembrano atti a triturare cibi più resistenti di quelli forniti dalle alghe frondose e filamentose.

Sia consultando la descrizione del *Felsinotherium subapenninum*, sia esaminando le spoglie di tale specie, ostensibili nel museo di Torino, e confrontandole con quelle del sirenio di Genova, ho potuto persuadermi della loro conformità, la quale principalmente si manifesta nei caratteri del cranio, dei denti e delle coste. La sola differenza notevole fra i due esemplari consiste nelle dimensioni assai maggiori delle ossa e dei denti del mammifero di Montiglio, differenza che non è però subordinata all'età più avanzata dell'individuo. Si può pure avvertire, subordinatamente, che il rostro di quel mammifero, del quale si conserva nel museo di Torino l'estremità coronale, accenna ad una zanna più voluminosa e robusta di quelle del fossile di S. Andrea. Non fa d'uopo aggiungere che reputo infondato il riferimento al genere *Metaxitherium* degli avanzi scheletrici descritti dal Bruno.

Dalle proporzioni delle ossa fresche di *Halicore* e di *Manatus*, argomento che le dimensioni del sirenio di Genova fossero relativamente piccole, che superasse di poco, cioè ,m. 2 di lunghezza. Esso d'altronde, pur presentando nella dentizione i caratteri degli individui adulti, non pare che avesse raggiunto il massimo sviluppo (¹).

Si tratta di un animale non solo più piccolo, ma più massiccio del *Felsinotherium Forestii*, e specialmente più tozzo e ad ossatura più robusta di *Halitherium Schinzi*, dal quale pur differiva probabilmente pel minore sviluppo degli arti anteriori.

I *Felsinotherium* di Borzoli erano assai più piccoli e certamente più giovani, del sirenio di Genova; uno di essi non raggiungeva forse metà della lunghezza attribuita a quest'ultimo.

Felsinoterio di Borzoli.

Mi farò ora a descrivere quattro denti di *Felsinotherium* provenienti da un giacimento diverso da quelli testè ricordati, cioè dal lembo di marne plioceniche piacenziane, che occupa gran parte della valle del rivo Borzoli, a nord-est di Sestri Ponente. Ivi furono raccolti insieme ad un gran numero di altri fossili interessanti dal prof. Agostino Razzore, che mi usò la cortesia di comunicarmeli.

Due di questi denti mi sembrano penultimi molari superiori, uno di destra l'altro di sinistra. Essi sono ridotti alla sola corona, i cui tubercoli presentano solo tenue traccia di logoramento, e si manifestano con ciò pertinenti ad un giovane individuo (tav. II, fig. 3 e 4). Detta corona, di forma irregolarmente arrotondata, è solcata da una valle trasversale che la divide in due sezioni, l'anteriore un po' maggiore della posteriore. Nella prima spicca una collina arcuata, segnata da diverse vallecole, con un tubercolo grosso nel mezzo ed altro più piccolo, a lato del primo, verso la parte posteriore. Nella regione posteriore si osserva un gruppo di quattro tubercoli, uno dei quali costituisce il margine posteriore della corona, ed è diviso da due solchi in tre rilievi diseguali.

Il terzo dente, a corona assai allungata non del tutto integra, era provvisto di radice bifida, della quale permane uno dei fittoni, assai lungo e compresso, e la parte

(¹) Le mie considerazioni si riferiscono alla maggior parte delle ossa di sirenii rinvenute nella marna del colle di S. Andrea, non a tutte, e perciò non escludo che alcune appartenessero ad un secondo individuo.

basale del secondo. Si tratta, se non erro, dell'ultimo molare inferiore (tav. II, fig. 7). La sua corona è divisa trasversalmente in tre parti, mediante valli profonde; la parte che reputo anteriore, più distinta delle altre, è leggermente spianata, per modo che le aree di logoramento accennano a due tubercoli (manca un frammento della corona che comprendeva probabilmente un terzo tubercolo); la parte media risulta di un rilievo trasversale, con lievi prominenze secondarie; la posteriore offre un solo tubercolo terminato in punta.

Il quarto dente consiste in una corona incompleta, di forma ovato-allungata e di color bigio nerastro, ed offre residui di tubercoli poco prominenti, spianati per l'attrito sofferto. Ciascuna area di logoramento circoscrive una piccola cavità occupata da una materia ferruginosa. Questo dente, relativamente assai piccolo, mi sembra uno dei primi molari superiori (tav. II, fig. 2).

Dimensioni dei due penultimi molari: lunghezza massima della corona mm. 21; larghezza massima della stessa, alla base, mm. 22.

Dimensioni dell'ultimo molare inferiore: lunghezza della corona circa mm. 20; larghezza della medesima, nella parte media, 16; lunghezza del fittone superstite 20; larghezza dello stesso 13.

Dimensioni della corona di uno dei primi molari superiori: lunghezza mm. 14; larghezza massima 11.

I tre denti di Borzoli primamente descritti ripetono i caratteri dei molari omologhi del sirenio di Montiglio, ma presentano tracce di logoramento meno manifeste e dimensioni assai minori; li ascrivo perciò ad un giovane individuo di *Felsinotherium subapenninum*. Il quarto dente appartiene, secondo ogni probabilità, ad un individuo del medesimo genere, ma non sono in grado di pronunziarmi rispetto alla specie, probabilmente diversa.

Felsinoterio di Savona.

Il prof. Capellini cita per incidenza alcuni avanzi di questo genere rinvenuti alle Fornaci presso Savona, e conservati presso il Museo Geologico di Torino. Consistono, in una parte del frontale destro e in un frammento del processo orbitario, il tutto molto guasto; vi ha inoltre un grosso dente molare isolato (molare inferiore destro) un po' sciupato [1]. Ho verificato che in questo dente si ripetono, con dimensioni maggiori, i caratteri di uno dei tre raccolti a Borzoli dal Razzore, e come esso debba riferirsi al *F. Subapenninum*.

Allo stesso genere appartiene, secondo ogni verosimiglianza, un dente, mutilato nella parte radicale, che si deve considerare, se mal non mi appongo, come un incisivo superiore, convertito in zanna, conforme a quanto avviene in parecchi generi di sirenii (tav. III, fig. 11). Questo è conservato nel Museo di Genova.

Il fossile è di forma irregolarmente conica, e va perdendo un po' della sua acutezza verso il vertice, che è leggermente smussato.

A circa 2 cm. sopra il margine inferiore, che è sbocconcellato per antica frattura, il diametro del cono subisce un piccolo aumento di diametro, il quale continua

[1] Capellini G., *Sopra resti di un sirenio fossile* ecc., pag. 8. Bologna, 1886.

fino alla base. La sua superficie è coperta di lievi granulazioni disuguali, che si accentuano inferiormente, riducendosi alla base in rughe longitudinali irregolari. Nella metà inferiore apparisce internamente cavo, presenta, cioè, una cavità, conica, meno acuta di quel che non sia il dente nel suo complesso.

L'aspetto del fossile, sia per le rughe sia pel colore e la lucentezza della superficie, come pure per la forma generale, desta l'idea della parte terminale di un corno di rinoceronte; ma, osservando la sua struttura e la durezza dello smalto da cui è coperto per lo spessore di un millimetro, in alcune parti della base, e di circa mezzo, in altre, mentre la porzione interna è meno omogenea e più tenera (ha presso a poco la tessitura dell'osso), si acquista la persuasione che è propriamente un dente di sirenio.

Il fossile misura 60 mm. di lunghezza, 30 di diametro massimo e 26 di diametro minimo (alla base); le spessezza del dente, alla base, non supera mm. $4\,{}^1/_2$.

Dopo che mi è stato concesso per cortesia del prof. C. F. Parona di esaminare l'incisivo del noto Felsinoterio di Montiglio, che si conserva, staccato dalla mandibola, nella collezione del R. Istituto Geologico di Torino, non ho più motivo di dubitare del mio riferimento, e credo poterlo attribuire con ogni verosimiglianza al *F. subapenninum.*

Nella collezione paleontologica adunata dal rev. don Perrando ed acquistata da un consorzio del Ministero, del Municipio e della Provincia di Genova per il Museo geologico universitario ho trovato frammenti di quattro coste di *Felsinotherium* provenienti dal pliocene di Savona.

Felsinotherium del Rio Torsero.

Attribuisco a questo genere una costa di vertebrato, assai compatta e robusta, conservata nel Museo di Genova, cui fu donata dal prof. Leone Orsini, già docente di Storia naturale a Ventimiglia, il quale la raccolse nel ferace giacimento pliocenico del Rio Torsero, presso Albenga. L'osso, che si riferisce alla parte posteriore del torace, è foggiato ad arco poco risentito, e misura 40 cm. di lunghezza. Verso l'estremità vertebrale ha sezione ellittica, presentando 37 mm. di larghezza e spessore di 21 (che si accresce un po' verso il mezzo), mentre alla estremità opposta raggiunge 43 mm. di larghezza ed è schiacciato, riducendosi a soli 14 di spessore.

Sirenii dell'Appennino Ligure.

Un gruppo di vertebre e di costole, incastrate in salda marna arenacea tongriana, di color bruno, si conserva nel gabinetto di geologia dell'Università di Genova coll'indicazione « Giusvalla » e proviene dalla raccolta Perrando.

Si tratta di tre vertebre destituite di gran parte delle appendici, e parzialmente coperte di tenacissima ganga, i caratteri delle quali appariscono poco manifesti. Dalla forma e dalla compattezza loro e specialmente dalla struttura eburnea dei frammenti di coste che vi sono associati, argomento si debbano riferire alla famiglia dei sirenii.

Le vertebre hanno il corpo con diametro trasversale molto maggiore del diametro dorso-ventrale, il quale è presso a poco equivalente alla lunghezza dell'osso.

Esso corpo è assai compresso nella parte media, e perciò la sua sezione è quasi cordiforme, con larghezza assai esagerata rispetto all'altezza.

La superficie superiore è concava nel senso longitudinale; la superficie inferiore è convessa nel senso longitudinale e si rende concava lateralmente per l'accennata depressione. Le due basi sono pianeggianti e limitate da margini acuti.

Alla parte superiore, si dipartono a destra e a sinistra due robuste appendici, che rappresentano le apofisi trasverse, e si riuniscono alla base loro in una apofisi spinosa assai prominente, di cui manca la parte terminale. Le faccette articolari per l'inserzione delle coste certamente non mancano, ma in questo esemplare non sono visibili. Il foro vertebrale è piuttosto angusto e di sezione irregolarmente rombica.

Fra le vertebre, intercede differenza assai lieve; reputo anteriore quella che designo col n. 1, il cui diametro è un po' maggiore relativamente alla successiva, e come posteriore l'ultima della serie che distinguo col n. 3, la quale ha diametro un po' minore e lunghezza maggiore. Per la forma loro e pel fatto che ciascuna di esse è connessa alla porzione vertebrale di una costa, ritengo che appartengono alla serie dorsale. I frammenti di coste, quattro da una parte e due dall'altra, sono poco arcuati e a sezione ellittica. Il posteriore dal lato sinistro è più largo degli altri, e presenta una estremità arrotondata, corrispondente io credo ad un capo articolare.

Un'altra vertebra analoga a quelle precedentemente descritte fu raccolta a Cairo Montenotte, nelle arenarie tongriane, dall'avv. Ugo Carcassi, e donata al Museo affidato alle mie cure. Anche questa è ridotta al corpo, con pochi avanzi delle apofisi trasverse, le quali erano sviluppatissime. Il corpo della vertebra ha sezione trasversale in forma di cuore, a punta arrotondata, ed è molto sviluppato in larghezza; esso è compresso e strozzato ai due lati. Da quanto si può argomentare, il foro vertebrale era irregolarmente circolare e piuttosto ampio.

Finalmente attribuisco dubitativamente ad un sirenio anche un frammento assai compatto e pesante di piccola vertebra cervicale, coll'apofisi spinosa alquanto sporgente (troncata presso l'estremità da una frattura), alla base della quale si vede pure l'apofisi articolare superiore da un lato e parte delle apofisi trasverse a destra e a sinistra (tav. IV, fig. 1). Questo fossile proviene dal tongriano superiore di Sassello.

Dimensioni delle vertebre di Giusvalla:

Lunghezza del corpo della vertebra posteriore	mm. 43
Diametro trasversale della stessa	» 53
Diametro perpendicolare al precedente	» 31
Altezza del foro vertebrale	» 25
Larghezza dello stesso	» 22
Lunghezza del corpo della vertebra anteriore	» 39

Dimensione della vertebra di Cairo Montenotte:

Lunghezza media del corpo	mm. 40
Diametro trasversale dello stesso	» 53
Diametro perpendicolare al precedente.	» 35
Larghezza del corpo nella parte media ove è maggiore la compressione	» 50

Da Santa Giustina provengono parecchie costole isolate di sirenii, raccolte da don Perrando e conservate presso il gabinetto di geologia già più volte citato. Una delle più notevoli è assai sottile, a sezione ellittica e costituisce un arco irregolare di circa 16 centimetri di corda. Essa è saldamente incastrata in un frammento di arenaria grossolana tongriana. Da un incavo rimasto nella matrice argomento che il pezzo si prolungasse originariamente di circa 3 centimetri. Diam. maggiore della estremità più grossa mm. 13; diam. minore mm. 10; diam. maggiore della estremità più sottile mm. 10.

Altra costa della medesima provenienza e di forma analoga, ma più voluminosa, costituisce un arco irregolare di circa centimetri 32.

Di una terza, quasi identica alle precedente, vi ha un pezzo leggermente arcuato, della lunghezza di centimetri 25.

Finalmente il museo possiede una costola assai più robusta, pure di Santa Giustina, assai più larga delle altre, ellittica ad una estremità, schiacciata e carenata all'altra.

Essendo troppo scarsi i materiali di confronto di cui posso disporre, credo prematuro ogni tentativo per la determinazione, sia pure limitata al solo genere, degli avanzi precitati rinvenuti nei depositi dell'Appennino ligure. Mi pare opportuno farne menzione per dimostrare come i sirenii fossero relativamente comuni nel nostro mare, durante il periodo oligocenico.

Distribuzione dei sirenii d'Italia. — Per quanto concerne la distribuzione geografica e stratigrafica dei sirenii italiani, sono opportune le seguenti avvertenze: il genere *Felsinotherium* fu istituito dal prof. Capellini sugli esemplari pliocenici di Riosto e di Siena, e riconosciuto nel *Cheirotherium* del pliocene di Montiglio illustrato dal Bruno. De Zigno fece nota una specie del medesimo genere proveniente da Bra. Il Museo di Genova possiede tre coste, riferibili presumibilmente a Felsinoterio, provenienti da Montecastello (Alessandria). Da varî punti del Volterrano pervennero al prof. Capellini e al sig. Lawley ossa e denti di *Felsinotherium*; il primo accenna inoltre ad analoghi avanzi nel Savonese. Il dott. Ugolini diede conto di due rocche petrose di analogo mammifero, raccolte nel noto deposito di Orciano.

Il genere *Halitherium* è rappresentato in varî punti del Veronese e del Vicentino da buon numero di avanzi, quali miocenici, quali eocenici, descritti dal De Zigno.

Suess menzionò coste di sirenii rinvenute nel Vicentino, e Gervais resti di animali consimili raccolti al Monte Scuffonaro presso Lonigo, in un calcare eocenico. Simonelli segnalò qualche residuo di *Halitherium* nel miocene dell'isola Pianosa; un dente riferibile dubitativamente allo stesso genere e trovato a Malta fu descritto da Adams.

Al genere *Halitherium*, secondo De Zigno, al genere *Metaxitherium*, secondo Lepsius, spettano le ossa di sirenii raccolte nell'arenaria miocenica del Bellunese.

Sirenii di genere non ancora bene accertato furono segnalati nella pietra Leccese di Caballino (Terra d'Otranto) dal prof. Capellini. Allo stesso si deve la descrizione di un nuovo *Metaxitherium*, scoperto per opera del prof. Lovisato in un trovante, a Monte Fiocca presso Sassari, come pure la menzione di frammenti di costa delle Baracche di Catanzaro (miocene), rinvenuti dal prof. Neviani.

Alla enumerazione di 20 località italiane, che fornirono avanzi di sirenii, data dal prof. Capellini ed altri, cioè: 2 del Piemonte, 7 del Veneto, 2 del Bolognese, 1 di Terra d'Otranto, 1 della Calabria, 4 della Toscana, 1 della Liguria, 1 della Sardegna, e 1 di Malta, aggiungo ora: Genova, Borzoli, Rio Torsero, Giusvalla, Santa Giustina, Sassello, Cairo Montenotte e Montecastello.

APPENDICE

Machaerodinae.

Profitto dell'occasione propizia per porgere un cenno di un altro fossile, il quale, essendo stato raccolto nella molassa rubiginosa di Sassello, che fornì sì gran copia di testacei, echinodermi, coralli, foraminiferi e filliti, in gran parte determinati, può attribuirsi con sicurezza al sistema oligocenico, e probabilmente ad uno dei termini medî del tongriano. Esso forma parte della collezione Perrando.

Si tratta di un dente assai compresso, in forma di lama di sciabola, dotato dei caratteri distintivi propri ai canini superiori di *Machaerodus*, ma che potrebbe appartenere ad altro carnivoro affine [1] (tav. IV, fig. 2).

Spogliato il fossile di gran parte della sua matrice, osservai: che assume in complesso forma decisamente falcata; che è allargato nella parte radicale, in ispecie alla base; che si restringe rapidamente all'estremità coronale, la quale era terminata in punta (ora mancante per antica frattura); che è straordinariamente compresso, risultando dalla compressione due superficie pianeggianti e due margini assottigliati.

Il margine convesso è smussato nella parte radicale e tagliente nella coronale; il concavo è acuto verso la base e si rende smussato nella porzione terminale. Non si vede nei due margini alcuna traccia della dentellatura tanto caratteristica nei canini di alcuni *Machaerodus* (*M. crenatidens*, *M. cultridens*), la quale sta ad indicare, a parer mio, che l'animale soleva ghermire prede dalla pella lubrica, cioè pesci.

Come fosse terminata l'estremità radicale del dente non si può dire, essendo l'esemplare mutilato.

L'estremità coronale del dente, per circa 15 mm. (tenendo conto della punta che manca), era coperta di lieve intonaco smaltoide, che ora si distingue per un certo grado di lucentezza e pel color bruno rossastro; tutto il rimanente è poco o punto lucente e di color bruno cupo, non uniforme, in conseguenza della fossilizzazione.

Delle due superficie laterali, una più regolare, che credo l'interna, è quasi piana nella parte radicale, e un po' convessa nella coronale; in questa parte si osservano inoltre lievi pieghe longitudinali, in numero di tre, due convergenti verso la punta, la terza diretta verso il margine convesso; presso il quale vi ha una serie di otto

[1] Il sospetto che questo dente fosse una zanna di sirenio analogo a *Rhytiodus* si è venuto poco a poco dissipando, esaminando attentamente la sua forma e la sua struttura.

(forse di nove o dieci nel dente integro) rilievi poco risentiti, come tubercoli irregolari, allungati, serie diretta dall'alto al basso e dall'avanti all'indietro.

La superficie esterna, meno regolare, apparisce nella parte radicale non dissimile dalla superficie interna, senonchè presso il margine superiore è un po' sporgente; nella parte coronale invece è più turgida, ed offre pieghe longitudinali flessuose, tre delle quali, le maggiori, dirette verso la punta e due altre, meno accentuate, terminanti al margine corrispondente convesso.

Dimensioni:

Lunghezza massima del fossile mm. 95 [1].

Larghezza massima della regione radicale mm. 34.

Spessezza massima della parte radicale mm. 10.

Spessezza massima alla base della regione coronale mm. 8.

La denominazione di *Machairodus*, attribuita nel 1833 da Kaup [2], a grossi felini, assai distinti dai carnivori della medesima famiglia pei canini superiori assai lunghi, taglienti e compressi, foggiati a lama di sciabola, fu poi mutata in quella di *Machaerodus*, più corretta dal punto di vista etimologico. Il medesimo genere era stato designato col nome di *Meganthereon*, che i paleontologi non adottarono quantunque più antico. Il primo a segnalare siffatto tipo fu il Nesti [3], per un fossile del Val d'Arno da lui considerato come specie peculiare d'orso (*Ursus drepanodon*). Le denominazioni generiche di *Smilodon* (Lund) *Munifelis* (Muniz) sono sinonimi.

Si conoscono ora non meno di 15 specie di veri *Machaerodus*, rappresentati nei varî piani che intercedono fra l'eocene superiore e l'infraquaternario, e tra queste almeno 5 furono segnalate in Italia [4]. Ma non escludo, come accennai, che il mio fossile si riferisca ad altro genere affine.

Terminando il mio lavoro, mi sta a cuore di rendere pubbliche grazie al prof. N. Mezzana, all'ing. C. Gamba, al prof. A. Razzore, come pure alle direzioni dei R. Musei geologici di Torino, Firenze e Roma e del Museo civico di storia naturale di Genova, pei fossili che mi procurarono o per i materiali di confronto che mi comunicarono.

[1] La lunghezza presunta del dente integro si conseguirebbe aggiungendo mm. 4 per la punta e circa 10 per l'estremità radicale.

[2] *Ossements fossiles*, II, pag. 24. Darmstadt, 1833.

[3] *Di alcune ossa fossili non per anco descritte*. Pisa, 1826.

[4] Si veda in proposito: E. L. Trouessart, *Catalogus Mammalium*, vol. I. Paris, 1897. — Fabrini E., *I Machairodus (Meganthereon) del Valdarno superiore*. Bollettino del R. Comit. Geol., anno 1890, nn. 3-4 e 5-6. Roma, 1890.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE.

Tav. I.

1. *Rhinoceros Etruscus.* Mandibola sinistra veduta dal lato sinistro (circa $^2/_5$).
2. » » Mandibola sinistra veduta dal di sopra (circa $^2/_5$).
3. » » Secondo molare inf. destro (circa $^1/_2$).
4. » » Secondo molare inf. destro (circa $^1/_2$).
5. » » Terzo premolare inf. destro (circa $^1/_2$).
6. » » Secondo premolare inf. destro (circa $^1/_2$)
7. » » Primo premolare inf. destro (circa $^1/_2$).
8. *Mastodon* sp. Frammento anter. di molare inf. destro ($^1/_2$).
9. *Cervus* sp. Prima falange dell'arto ant. (grand. nat.).
10. *Cervus* sp. Seconda falange dell'arto ant. (grand. nat.).
11. *Elephas meridionalis*? Estremità posteriore di molare inf. (4°?) sinistro ($^1/_2$).

N. B. Tutti i fossili figurati in questa tavola, ad eccezione del dente distinto col n. 3, che proviene dal bacino lignitifero di Leffe in Lombardia, furono raccolti nel pliocene dei pressi di Savona.

Tav. II.

1. *Felsinotherium subapenninum.* Parte del cranio veduta dal lato destro $^2/_3$).
2. » sp. Molare sup. (grand. nat.).
3. » *subapenninum.* Penultimo molare sup. sinistro (grand. nat.).
4. » » Penultimo molare sup. destro (grand. nat.).
5. » » Terzo molare sup. destro (grand. nat.).
6. » » Ultimo molare inf. sinistro (grand. nat.).
7. » » Ultimo molare inf. (grand. nat.).
8. » » Cranio veduto dal disopra ($^2/_3$).
9. » » Zanna sinistra (grand. nat.).
10. » a Asse veduto dalla parte post. (circa grand. nat.).

N. B. I fossili rappresentati ai nn. 1, 5, 6, 8, 9, 10 provengono dal pliocene di Genova; quelli distinti coi nn. 2, 3, 4 e 7 furono raccolti nelle marne plioceniche di Borzoli.

Tav. III.

1. *Felsinotherium subapenninum.* Atlante visto dalla parte ant. (circa $^1/_2$).
2. Lo stesso osso rappresentato al n. 1, visto dalla parte post. (circa $^1/_2$).
3. *Felsinotherium subapenninum.* Parte posteriore della mandibola destra (circa $^1/_2$).
4. » » Pezzo anteriore dello sterno (circa $^3/_5$).
5. » » Pezzo posteriore dello sterno (circa $^3/_5$).
6. » » Estremità dell'ischio sinistro (grand. nat.).
7. » » Seconda falange del quinto dito destro? (grand. nat.).
8. » » Porzione sinfisaria rostriforme destra (circa $^2/_3$).
9. » » Rocca petrosa sinistra, veduta dal lato destro (grand. nat.).
10. La stessa figurata al n. 9, veduta dal lato sinistro (grand. nat.).
11. *Felsinotherium subapenninum.* Zanna (grand. nat.).

N. B. Tutte le ossa rappresentate in questa tavola provengono da Genova e sono plioceniche. Il dente figurato al n. 11 proviene dal pliocene delle vicinanze di Savona.

Tav. IV.

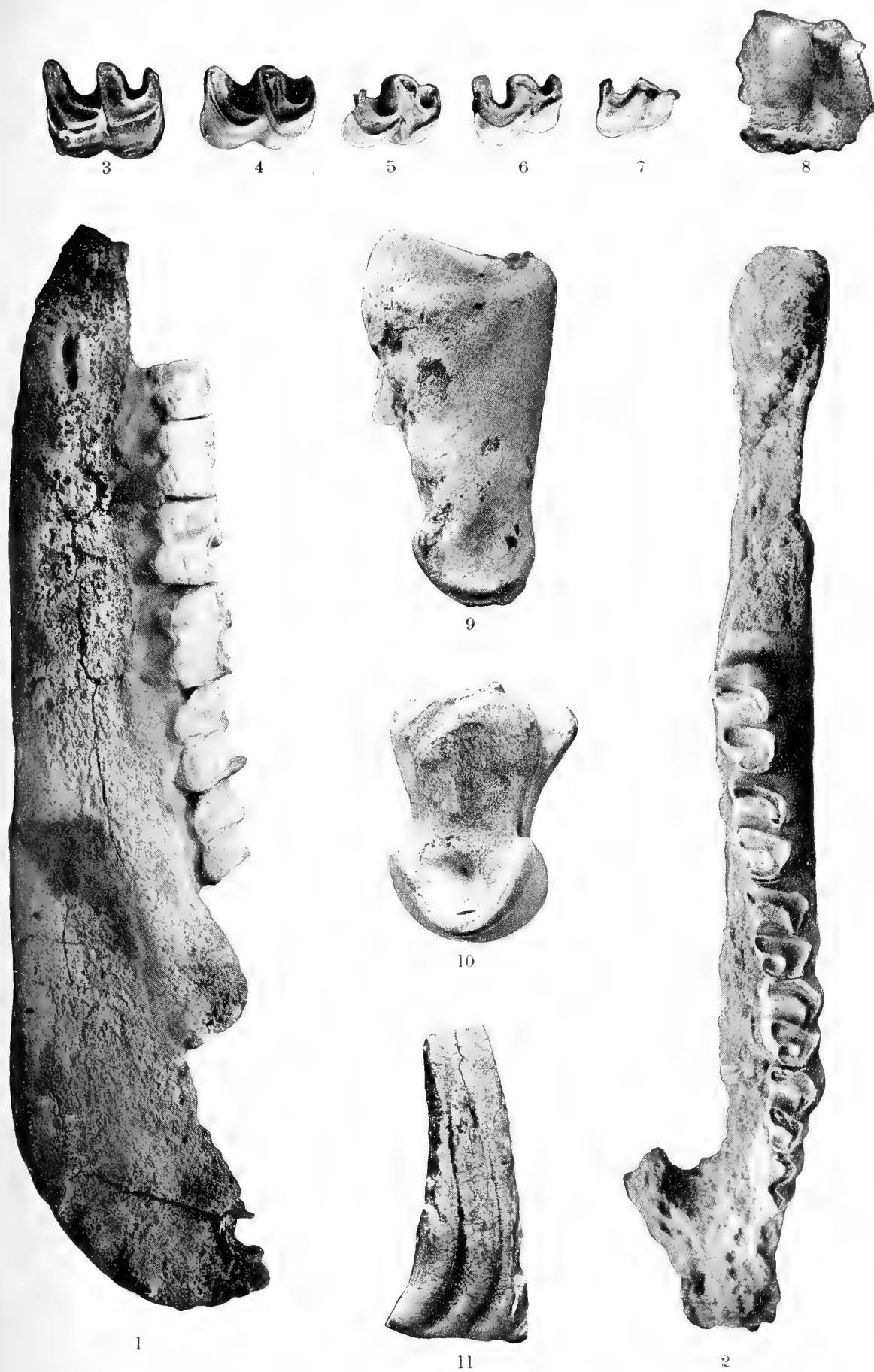
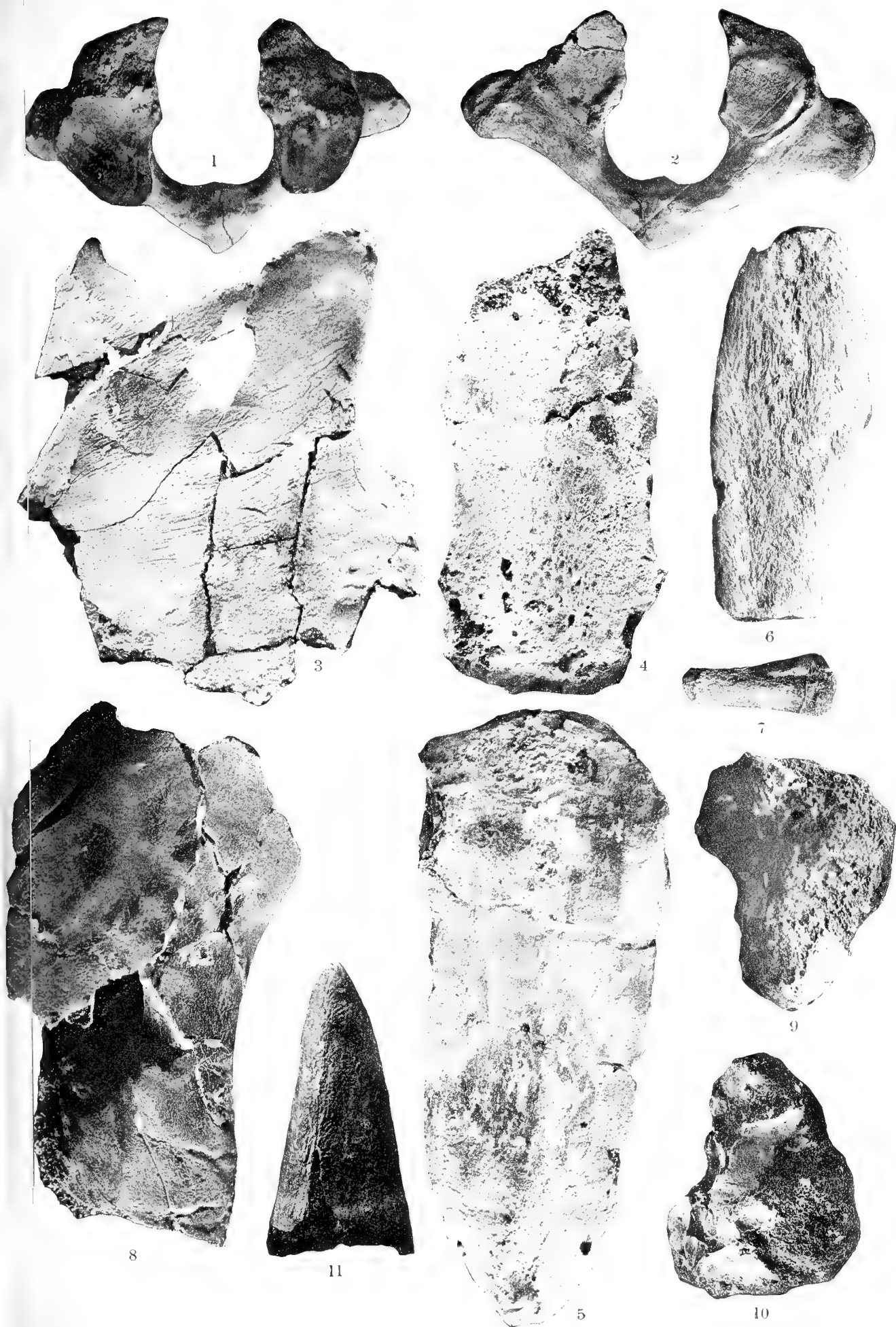
1. Sirenio. Vertebra cervicale (grand. nat.).
2. *Machaerodus*? Canino sup. destro (grand. nat.).
3. *Felsinotherium subapenninum.* Costa ant. destra veduta di profilo (grand. nat.).
4. » » Costa ant. destra veduta di profilo (circa $^2/_3$).
5. Lo stesso osso rappresentato al n. 4, veduto dalla parte interna (circa $^2/_3$).
6. *Felsinotherium subapenninum.* Costa ant. sinistra, veduta dalla parte esterna (circa $^2/_3$).
7. » » Costa post. sinistra (?), veduta dalla parte interna (circa $^2/_3$).
8. » » Parte di rocca petrosa destra, vista da un lato (grand. nat.).

N. B. I fossili rappresentati in questa tavola furono rinvenuti nelle marne plioceniche di Genova, ad eccezione della vertebra figurata al n. 1, che proviene dall'oligocene di Santa Giustina e del dente distinto col n. 2, trovato nell'oligocene di Sassello.

3
4
5
6
7
8
1
9
10
11
2

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

DANESI - ROMA.

DANESI - ROMA.

RELAZIONE

letta dal Socio B. Grassi, a nome anche del Socio C. Golgi, relatore, sulla Memoria del dott. A. Perroncito, avente per titolo: *Contributo allo studio della biologia cellulare. Mitocondri, cromidii e apparato reticolare interno nelle cellule spermatiche*, letta nella seduta del 6 marzo 1910.

L'A., nella presente Memoria, prendendo in considerazione le cellule spermatiche di un buon numero di animali, vi dimostra l'esistenza dell'apparato reticolare interno, che studia specialmente nel suo significato e nei suoi rapporti con le altre parti della cellula.

In base a fatti ben dimostrati egli sostiene che non soltanto apparato reticolare interno e mitocondri sono formazioni distinte, ma che anche fra le formazioni mitocondriali se ne devono distinguere due categorie, il cui sviluppo ed il cui destino finale sono diversi.

I fatti più importanti messi in luce dall'A. si riferiscono all'apparato reticolare interno; essi fanno cadere tutte le ipotesi avanzate fino ad oggi sul suo significato e dimostrano che esso è un organo a manifestazioni vitali caratteristiche, il quale mantiene la propria individualità anche attraverso alla divisione cellulare.

Egli dimostra che durante il processo di riproduzione cellulare tale apparato si divide in modo determinato e indipendentemente dai fatti che si svolgono per parte del nucleo, dà luogo ad una serie di figure caratteristiche che offrono una notevole somiglianza con quelle della mitosi nucleare; a questo fenomeno ha dato il nome di Dittocinesi.

Infine l'A. descrive una serie di nuove particolarità che completano in varî punti il piano di organizzazione delle cellule spermatiche.

I risultati qui brevissimamente riassunti, mentre allargano e precisano le conoscenze intorno a talune categorie di elementi — le cellule spermatiche nelle loro fasi di sviluppo — pur includono un importante contributo alla biologia generale delle cellule. A quei risultati il dott. Perroncito è arrivato coll'applicazione dei migliori procedimenti di indagine istologica: il rigore col quale le indagini furono condotte basta, per sè, a fornire la più sicura guarentigia dei fatti descritti.

La Commissione non esita a dichiarare che la Memoria del dott. Perroncito è ben meritevole di essere pubblicata negli Atti della nostra Accademia.

Contributo allo studio della biologia cellulare. Mitocondri, cromidii e apparato reticolare interno nelle cellule spermatiche [1]. Il fenomeno della Dittocinesi.

Memoria del dott. ALDO PERRONCITO

(con tre tavole)

Gli studî biologici segnano in questo momento una fase caratteristica. Lo schema di cellula si è andato in questi ultimi anni complicando in modo affatto inaspettato, sì che l'organismo cellulare ci appare, dopo gli studî recenti, assai più complesso e mutevole che non si pensasse per il passato, le sue attività maggiori, meno misurabili e più varie. Conseguenza di questa rivoluzione intervenuta nelle nostre conoscenze fu il risollevarsi di antiche idee che si ritenevano tramontate e il tentativo di tornare sotto nuove forme al passato all'infuori degli schemi della teoria cellulare e mentre da una parte si sostiene l'esistenza su vasta scala di sincizii, tendendo quasi ad una nuova maniera di teoria unitaria, dall'altra si rimettono in onore le teorie granulari per qualche tempo considerate come definitivamente abbandonate.

Di questo nuovo favore per le teorie granulari si trovano segni dovunque:

Meves attribuisce ai mitocondri un valore biologico così alto da giungere quasi ad avvicinarsi alle teorie granulari. Giglio Tos ha esposto e sostiene una teoria dei « biomori » ispirata a quella dei bioblasti di Altmann. Perfino Ramon y Cajal, il banditore del neurone, pura, troppo rigida espressione della teoria cellulare di Virchow, a proposito della rigenerazione dei nervi ha lanciato l'ipotesi dei « neurobioni ». Forse gli è sembrato più facile a comprendersi una riproduzione straordinariamente attiva di organismi elementari, che una energia così smisurata esplicantesi per parte di una sola cellula, come quella che si esplica nel processo di rigenerazione dei nervi.

Non è mio compito di entrare in discussioni di tale natura, rileverò soltanto che i nuovi studî sulla cellula e le sue attività biologiche non sono tali da dare fondamento a queste teorie, nè tanto meno la dimostrazione di attività fisico-chimiche per parte dei granuli potrebbe dare questo fondamento, dal momento che sappiamo dagli studî di Henry che tutti gli enzimi, indipendentemente da qualsiasi fenomeno di vita, sono capaci di svolgere azioni di tale natura.

[1] Lavoro eseguito nel Laboratorio di Patologia generale ed istologia della R. Università di Pavia (diretto dal prof. C. Golgi).

Lasciando adunque fino ad ora, come è buon diritto, in onore la teoria cellulare, con quelle modificazioni che i fatti messi in luce gradatamente le hanno portato, consideriamo piuttosto quali sono le particolarità di struttura scoperte o meglio studiate da poco tempo, per cui oggi più si accende la curiosità dei ricercatori.

Non è mia intenzione di fare una rassegna particolareggiata di tutte le formazioni definite descritte entro il protoplasma, perchè su questo argomento non mancano riviste antiche e recenti; io mi limiterò a richiamare sommariamente quelle su cui oggi maggiormente si discute e delle quali mi sono occupato in questo studio.

Lasciando da parte il centrosoma ed i suoi annessi, esse sono:

Le *formazioni iuxtanucleari*; descritte specialmente da V. La Valette, Saint George e da Prenant nelle cellule spermatiche degli animali inferiori, le quali si possono ritenere come figure incomplete dell'apparato reticolare di Golgi e delle formazioni mitocondriali.

Talune delle figure di Prenant sono già relativamente di una straordinaria finezza.

L'*apparato reticolare interno di Golgi*; esso, scoperto dal Golgi nel 1898 nelle cellule nervose e dimostrato poi da una serie di ricercatori in un numero ormai grandissimo di elementi cellulari normali e patologici, deve ormai assurgere, come sarà anche meglio dimostrato da questo studio, alla dignità di una parte costitutiva essenziale della cellula.

I *mitocondri*; scoperti da Benda nello stesso anno e di poi studiati da una serie di altri ricercatori, ma soprattutto da Meves il quale giungeva alla dimostrazione di fatti nuovi, al riguardo di tali formazioni, del più alto interesse scientifico. Come vedremo però, non tutto quanto passa sotto il nome di *mitocondri* deve essere ritenuto tale; in questa categoria si sono ascritte una serie di formazioni chiamate: *condromiti*, *condroconti*, *condrosomi*, ecc.

I *trofospongi* di Holmgreen (1899); descritti per un gran numero di elementi come reti canalicolari endocellulari comunicanti coll'esterno, che si vollero identificare con l'apparato di Golgi.

I *pseudocromosomi* e le *centralcapseln* di Heidenheim (1900) e i *centroformien* di Ballowiz; secondo questi autori in rapporto con la centrosfera.

Infine i *cromidii* di Hertwig (1899); formazioni cromatiche di origine nucleare esistenti in taluni protozoi e poi descritte da altri autori (Goldsmith, ecc) in parecchi elementi cellulari.

Si aggiungano i *blefaroplasti*; descritti nelle cellule vegetali, e ritenuti da Meves e da altri analoghi ai mitocondri.

La tendenza odierna è quella di fare di tutte queste formazioni un'unica categoria e molti ed autorevoli osservatori si sono dichiarati in questo ordine di idee. Mentre infatti Heidenhain, Meves, Goldsmith, Arnold, ecc., tendono a ravvicinare i mitocondri, i cromidii, i blafaroplasti, i pseudocromosomi e l'apparato reticolare, considerandoli come aspetti diversi di una formazione unica, Holmgreen e Ramon y Cajal sostengono ed ammettono senz'altro la identità dell'apparato di Golgi coi trofospongi di Holmgreen e li considerano come una rete canalicolare.

Taluni poi (Meves, Heidenhain, Arnold, ecc.), si spingono ad identificare queste formazioni con le strutture protoplasmatiche, quali la *filarmasse* di Flemming, i bioblasti di Altmann, ecc.

Contro queste correnti si levava dapprima la voce autorevole di Retzius, il quale, nei suoi studî magistrali sui nemaspermi, a proposito delle formazioni mitocondriali, ammonisce essere sommamente imprudente di considerare come mitocondri ogni sorta di formazioni granulari che si descrivono ora nei più diversi elementi cellulari, e ritiene che le formazioni descritte come mitocondri si debbano soltanto in parte considerare come di tale natura.

Riguardo all'identificazione fra apparato reticolare interno e trofospongi di Holmgreen da una parte Kopsch, in seguito ad interessanti ricerche sui gangli spinali, l'aveva senz'altro rifiutata e recentemente Golgi considerati tutti i caratteri dei due apparati, con un minuto esame comparativo ne ha dimostrata la sostanziale differenza.

Quando dal campo anatomico passiamo al campo fisiologico e morfologico ad indagare cioè la biologia ed il significato di siffatti apparati, non possiamo non riconoscere di essere a questo riguardo completamente al buio.

Io supposi che potessero essere terreno di elezione per lo studio della biologia di queste formazioni e la determinazione del loro significato, le cellule della serie spermatica; in quanto si tratta di cellule, la cui vita è breve, la evoluzione rapida e a momenti ben determinabili, le manifestazioni biologiche vivaci e spiccate, pur trattandosi di elementi di organizzazione molto elevata.

Ho perciò rivolta la mia attenzione dapprima soprattutto sull'apparato reticolare interno che mi riuscì di mettere in evidenza. A studiare meglio il significato degli apparati considerati, ho esteso lo studio ad elementi molto grandi e ad animali in cui la spermatogenesi è ben nota.

Mi sono rivolto quindi ai molluschi e dalla *Paludina vivipara* ho avuto i più precisi e brillanti risultati.

Metodi di ricerca.

Dopo lo studio degli elementi a fresco ho saggiato innanzi tutto le colorazioni vitali, specialmente mediante il neutralroth e il brillant kresilblau (metodo Cesaris Demel).

Ho poi applicato tutti i migliori fissativi: alcool, sublimato, sublimato acetico, miscela di Zenker, miscela Flemming, secondo le diverse formule e modificazioni,

Hermann, anche secondo le modificazioni di Meves, il metodo di fissazione Benda-Meves. Tutte le colorazioni che potevano supporsi utili, furono da me applicate, colori di anilina basici e acidi, colori al carminio e all'ematossilina, ematossilina ferrica, metodo di Benda-Meves al kristalviolett.

Quanto alla dimostrazione dei mitocondri, io ho dovuto convincermi dalle mie ricerche, che non esistono metodi specifici (¹); anche il metodo Benda al kristalviolett colora negli stessi elementi ora i nuclei, ora i mitocondri di Benda, ora i condrosomi di Meves (²), ora l'apparato reticolare. Lo stesso si dica dell'ematossilina ferrica applicata dopo lo stesso fissatore, il Flemming e il sublimato acetico. Per la dimostrazione dell'apparato reticolare, ho applicato specialmente i tre metodi fino ad ora proposti: la reazione nera di Golgi, con aggiunta di cloruro di platino alla miscela fissatrice secondo la proposta di Veratti; il metodo di Kopsch all'acido osmico; infine il nuovo metodo di Golgi all'acido arsenioso e nitrato d'argento.

Nella serie di grandi elementi spermatici della paludina vivipara si ha il grande vantaggio che i tre metodi riescono tutti, se non con eguale facilità, con grande nitidezza e ci si trova quindi nelle ideali condizioni di poter confrontare fra loro le figure che si ottengono coi tre metodi sugli stessi elementi e nello stesso momento della loro vita. E poichè i tre metodi, per quanto fondati su reazioni chimiche assolutamente diverse, si corrispondono esattamente, si ha la sicurezza che le immagini ottenute corrispondono a disposizioni reali della cellula vivente.

D'altronde, anche i risultati dell'osservazione a fresco corrispondono, sebbene siano assai meno completi, a quelli delle tre reazioni considerate.

Anche i condrosomi di Meves si colorano colla maggiore evidenza ed eleganza mediante il nuovo metodo di Golgi all'acido arsenioso-nitrato d'argento; si deve però avere l'avvertenza di prolungare l'azione della miscela fissatrice o meglio di farla agire ad una temperatura di 45-50 gradi; il liquido fissatore, agendo per poco tempo a questa temperatura, dà delle fissazioni molto delicate e perfette. L'osservazione si può fare sulle sezioni o meglio in preparati per disgregazione.

PALUDINA VIVIPARA.

Serie oligopirene (Meves).

Gli elementi della serie: grande spermatocito-nemasperma oligopirene della paludina vivipara, si prestano senza dubbio in modo eccezionale allo studio dei fenomeni che si svolgono per parte delle diverse formazioni costitutive della cellula: l'abbondanza del loro protoplasma fa sì che i rapporti fra esse si presentino singolarmente chiari e schematici.

Spermatocito.

Il grande spermatocito o auxocito della paludina vivipara è, appena formatosi dallo spermatogonio, una piccola cellula a scarso protoplasma, a nucleo relativamente grande, eccentrico, vescicolare, nucleolato, la cui cromatina è disposta a fini granuli.

(¹) Di uguale parere è anche Retzius, Biol. Unt., 1909.

(²) Sarà spiegato in seguito il perchè di questa distinzione.

Fin da questa epoca si possono mettere in evidenza entro il protoplasma due formazioni nettamente distinte.

Si può osservare innanzi tutto un sistema di filamenti estremamente fini di solito presentanti l'aspetto di catene di granuli variamente intrecciati, di granuli sferici isolati e di corti filamenti coi due estremi ingrossati; a quanto sembra (è difficile affermarlo data la scarsezza del protoplasma di questi elementi) situati negli strati più periferici del protoplasma e dalla parte del nucleo dove si trova accumulato quasi tutto il protoplasma cellulare. Qualche filamento si spinge nel tenue velo di protoplasma che riveste dagli altri lati il nucleo; talvolta filamenti e granuli costituiscono accumuli compatti. A mano a mano che l'elemento cresce essi tendono a disporsi prevalentemente secondo il maggior asse della cellula ed una parte di essi si dispone costantemente a formare un accumulo a contatto della membrana nucleare dal lato ove la quantità di protoplasma è maggiore.

A parte questo, come ho detto, sembra che questi filamenti che hanno così evidenti analogie coi mitocondri descritti da Meves in molte cellule sessuali e che io chiamo senz'altro *condrosomi di Meves*, occupino la porzione più periferica del protoplasma. È da notare poi che a mano a mano che l'elemento cresce, va sempre più delineandosi nettamente una porzione interna di protoplasma libera dai condrosomi di Meves.

A lato del sistema di filamenti descritto si può sempre mettere in evidenza nelle stesse cellule l'esistenza dell'apparato reticolare di Golgi. Si tratta di filamenti più robusti di quelli costituenti i condrosomi, i quali sono fittamente intrecciati e riccamente anastomizzati fra loro. L'apparato di Golgi, estremamente piccolo e semplice quando l'elemento è giovane e piccolo, va gradatamente sviluppandosi e complicandosi a mano a mano che la cellula cresce di volume; esso occupa precisamente quella porzione interna di protoplasma situata in vicinanza del nucleo, dal lato ove la porzione di protoplasma è maggiore, che è lasciata libera dai condrosomi di Meves.

Nello spermatocito di primo ordine a sviluppo completo e prima che si iniziino i processi che preludono alla divisione cellulare, troviamo l'apparato reticolare separato dal nucleo da un tenue strato protoplasmatico occupato dai condrosomi; questi sono situati anche da ogni lato all'intorno dell'apparato reticolare stesso e presentano per la maggior parte la classica forma a corto filamento con gli estremi ingrossati o a minuscolo diplococco.

Deve pure essere ricordato che in tutta la porzione della cellula, occupata dall'apparato di Golgi, il protoplasma presenta una differenziazione speciale per la quale esso è fortemente colorabile col cristallviolett, coll'ematossilina ferrica, e con altri coloranti varî; essa non è null'altro che l'idiozoma degli autori.

Una questione molto importante anche dal punto di vista della interpretazione del significato delle formazioni che sono speciale oggetto delle mie ricerche, è quella della situazione e del comportamento del centrosoma.

Gli autori che si sono occupati della questione hanno descritto i centrosomi in numero di due dalla parte del nucleo ove è più abbondante il protoplasma e al centro

di una porzione di protoplasma differenziata facilmente rilevabile: l'idiozoma. Se non che, a parte che una sostanza ben differenziabile esiste realmente nel punto in cui è stata descritta, con i metodi usati per la dimostrazione dei centrosomi (ematossilina ferrica) i grani che si colorano possono essere in numero molto diverso (da moltissimi a uno) a seconda che si spinge più o meno la decolorazione.

Soltanto Popoff dà una figura in cui i due centrosomi col relativo arcoplasma sono situati precisamente dalla parte opposta del nucleo, a ridosso della membrana nucleare; l'autore sostiene, date le immagini da lui osservate, che la posizione del centrosoma non è necessariamente legata a quella dell'idiozoma.

Ora, in preparati fissati con sublimato acetico o liquido di Hermann, e colorati coll'ematossilina ferrica io ho potuto notare, precisamente dal lato del nucleo opposto a quello ove si trova l'idiozoma, un corpicciuolo a forma di coppetta, la cui sezione ottica sagittale si presenta semilunare, e la trasversa circolare.

Tale corpicciuolo si impregna facilmente col nuovo metodo di Golgi all'acido arsenioso-nitrato d'argento, e può essere facilmente seguìto nella sua evoluzione ulteriore.

Nello spermatocito non completamente sviluppato, esso è a forma di coppa e si trova addossato alla membrana nucleare al lato opposto del nucleo da quello in cui si trova l'idiozoma; a mano a mano che l'elemento si sviluppa, secondo l'ovvia interpretazione delle figure, facilmente e chiaramente osservabili, questo corpicciuolo eseguisce un movimento, prima staccandosi dal nucleo in direzione radiale, poi percorrendo una traiettoria semicircolare e portandosi al polo opposto della cellula rispetto a quello in cui prima si trovava. Qui giunto esso si scompone in due parti, delle quali, l'una rimane nel punto dove è avvenuta la divisione, l'altra compiendo di nuovo una traiettoria arcuata si riporta al punto ove giaceva la formazione unica primitiva. Forse, anzi certamente, non sempre il fenomeno si svolge in modo così caratteristico; qualche volta infatti noi troviamo i due corpicciuoli in cui si è diviso il primitivo a due poli del nucleo, secondo un asse obliquo rispetto al maggiore della cellula ed altre disposizioni che si staccano da quelle precedentemente descritte: ad ogni modo, la descrizione data credo rappresenti la regola generale.

Ora, questo corpicciuolo è il centrosoma? o per lo meno racchiude il centrosoma? Senza dubbio la sua costanza, il suo comportamento ed i suoi caratteri di colorabilità sono argomenti di importanza capitale per ammetterlo.

Rimane la questione della natura degli altri granuli che sono stati descritti e ritenuti pressochè generalmente fino ad oggi, i centrosomi; d'altronde non si può non notare che essi rappresentano una formazione, per chi li segue nei preparati, assai meno definita sia dal punto di vista morfologico, sia nella sua evoluzione.

Le forme prevalenti di quelle formazioni che io ho chiamato condrosomi di Meves sono essenzialmente il granulo, il corto filamento a due estremi ingrossati, il filamento nodoso; sono da aggiungersi le serie di corti filamenti foggiati a manubrio e miste di filamenti a manubrio e di granuli. Molte questioni si presentano al riguardo.

Le differenze che si presentano nella disposizione dei mitocondrî corrispondono a qualche cosa di reale o sono dovute alla diversa riuscita dei metodi?

Sono esse casuali o corrispondono al diverso momento della vita dell'elemento cellulare?

Sia per rispondere all'una che all'altra questione, dobbiamo fare molte distinzioni e procedere con somma prudenza.

Innanzi tutto, senza dubbio non si può accettare qualsiasi riuscita di metodo anche preciso, come un'espressione di una figura reale e completa e soltanto da confronti di molti e molti preparati ci si può fare un sano criterio di giudizio.

Soprattutto fra le serie di granuli e i filamenti nodosi, se pure esiste una differenza e non tutto è dovuto a diversa riuscita dei metodi, si deve trattare di momenti molto vicini. Ad ogni modo vi sono talune forme così costanti da non potersi in alcun modo mettere in dubbio come realmente esistenti: per esempio la forma a corto filamento coi due estremi ingrossati.

Quanto alla seconda questione, dall'osservazione della serie delle figure si rileva chiaramente come, se non con una legge di tempo matematicamente fissa, che d'altronde non si può ravvisare in tutti gli altri processi che si compiono in tali elementi, nei filamenti condrosomici ha luogo una progressiva disgregazione a mano a mano che ci avviciniamo al momento della divisione cellulare; in questo momento, noi non troviamo più che corti filamenti ad estremo ingrossato e qualche raro granulo sferoidale: io credo perciò che queste due forme debbano ritenersi come rappresentanti della unità condrosomica.

Ho detto che tale scomposizione non si compie in epoca fissa. Talvolta infatti accade di trovare elementi giovani con condrosomi granulari (fig. 15); altre volte di trovare elementi già notevolmente sviluppati con condrosomi rappresentati da lunghi filamenti intrecciati, però non avviene mai che all'atto in cui l'elemento cellulare entra in cariocinesi, essa non si sia compiuta definitivamente.

Un fatto che mi è stato dato di osservare nel grande spermatocito della paludina vivipara, e che credo di un certo interesse, è quello che ho riprodotto nelle figure 55-56-57-58. Quando l'auxocito è già abbastanza sviluppato accade molto spesso di vedere che il nucleo non presenta contorni regolari, specialmente dal lato ove si trova l'idiozoma, ma sfrangiati e bene spesso presenta delle escrescenze digitiformi o vescicole peduncolate a mo' di gemme; qualche volta si vedono infine vescicole giacenti nel protoplasma, in vicinanza del nucleo, chiare e contenenti granuli di cromatina.

In un caso inoltre, dai preparati si aveva nettamente l'impressione di fuoruscita tumultuosa dei materiali nucleari entro il protoplasma (fig. 58). Ma, lasciamo a parte quest'ultimo reperto ottenuto in un solo caso e in preparati trattati col metodo di Golgi all'acido arsenioso-nitrato d'argento e colorazione successiva (per quanto questo metodo, bene applicato, sugli elementi spermatici della paludina, dia delle eccellenti fissazioni).

Il primo dubbio possibile che io ho pensato di chiarire riguardo al reperto in questione, fu quello sulla reale esistenza del fatto; potei però a questo riguardo constatare che il reperto si ottiene invariabilmente con tutti i buoni fissatori nucleari.

Una ipotesi davanti alla quale voglio tenere un'assoluta riserva, per quanto mi sembri poco probabile, è quella che si tratti di un fatto patologico che si svolga

in taluni gruppi degli auxociti; sta in favore di questa ipotesi il fatto che negli invertebrati con molta facilità si trovano fatti patologici negli elementi sessuali.

Infine può trattarsi, e mi pare l'ipotesi più probabile, di un fatto normale nella fisiologia di tali elementi e più specialmente di uno scambio di materiali fra nucleo e protoplasma che si svolge con caratteri di singolare evidenza. Non si tratterebbe qui di un fatto nuovo, perchè sebbene non così evidenti, molti fatti di scambii organici fra nucleo e protoplasma furono già descritti in altri elementi.

In queste vescicole che si sequestrano dal nucleo, la cromatina è generalmente assai scarsa, ad ogni modo si presenta la questione della sua sorte ulteriore; certo è che le vescicole dopo sequestrate scompaiono e coi colori schiettamente nucleari entro il protoplasma di questi elementi non si colorano granuli di sorta. Ad ogni modo a parte la formula generica dello scambio di materiali fra nucleo e protoplasma si affacciano subito quattro formazioni diverse a cui potrebbe essere destinata in ultima analisi la cromatina che fuoresce dal nucleo.

Innanzi tutto potrebbe essere destinata all'incremento dei mitocondri e dell'apparato di Golgi e ciò si presenterebbe probabile se, come pensano Popoff, Goldschmidt ecc., essi non fossero che dei cromidii analoghi a quelli descritti da Hertwig nei protozoi; in secondo luogo essa potrebbe essere destinata a quella parte differenziata del protoplasma (idiozoma degli autori) che sta a contatto del nucleo e che contiene l'apparato reticolare interno, vivamente colorabile con l'ematossilina e col kristall-violett; la quale poi si frammenta quando sta per cominciare la cariocinesi e si disgrega per tutto il corpo cellulare.

In questi elementi inoltre si deve notare che accade un fatto abbastanza singolare; mentre il nucleo si mostra poco prima dell'inizio della cariocinesi assai povero di cromatina, al momento della rottura della membrana nucleare appaiono improvvisamente dei grossi cromosomi e si potrebbe pensare che alla loro formazione contribuisse anche questa cromatina provvisoriamente migrata nel protoplasma.

Lasciando da parte la questione su cui dovrò ritornare sull'origine dei mitocondri e dell'apparato reticolare interno, non discuterò per mancanza di fatti probativi al riguardo le altre possibilità esposte e concluderò solamente col dichiarare che per quanto io abbia spinta l'indagine non mi è stato dato di seguire la sorte della cromatina sequestrata dal nucleo entro il protoplasma.

DIVISIONE INDIRETTA.

Dittocinesi e cariocinesi. Loro rapporti.

Il fenomeno della divisione indiretta per parecchi anni si ritenne si svolgesse esclusivamente o quasi, per parte del nucleo; studii ulteriori dimostrarono la parte attiva e notevole che vi prendono il protoplasma e il centrosoma. Parecchi autori illustrarono una partecipazione dei mitocondri (su questa questione tornerò in seguito).

Ora i miei studî mi hanno condotto a mettere in evidenza una serie di fatti che costituiscono un caratteristico e complicato fenomeno, il quale si svolge per parte

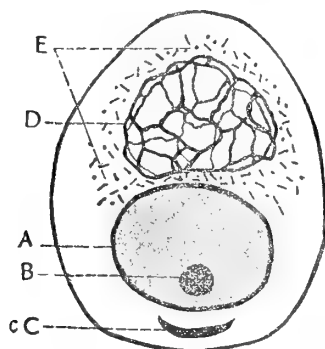



Fig. 1.

A nucleo, *B* nucleolo, *C* centrosoma (?), *D* apparato di Golgi, *E* condrosomi di Meves.

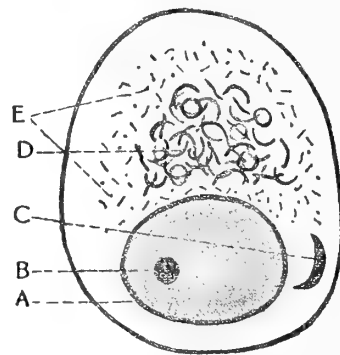



Fig. 2.

A nucleo, *B* nucleolo, *C* centrosoma (?), *D* dittosomi, *E* condrosoma di Meves.

dell'apparato reticolare interno, in notevole parte quando il nucleo è ancora in riposo. Ad esso ho dato il nome di *dittocinesi*.

Eccone le fasi in rapporto con quanto avviene nelle altre parti costitutive della cellula:

1) *L'apparato di Golgi si spezzetta gradatamente in segmenti a forma di bastoncino arcuato,* uguali fra loro; qualcuno si dispone già in questa epoca a formare un anello. Essi si mantengono per un determinato periodo, fors'anche relativamente lungo, in questo stato e occupando la posizione antica. Alla periferia della regione occupata da tali formazioni a cui ho dato il nome di *dittosomi*, incomincia ad avvenire una mescolanza fra essi e i condrosomi di Meves.

Taluno potrebbe obbiettare che la segmentazione dell'apparato reticolare, non sia un fatto reale, ma un'apparenza dovuta ad una incompleta riuscita del metodo usato. Nè questa obbiezione in linea generale è priva di fondamento poichè è noto a chiunque abbia pratica di qualsiasi dei metodi di dimostrazione dell'apparato reticolare, che è estremamente facile avere delle reazioni incomplete le quali fanno apparire frammentarî apparati reticolari affatto normali. Ma è anche vero che un

occhio esercitato può sempre distinguere queste reazioni incomplete e d'altronde qui abbiamo argomenti di valore assolutamente decisivo, che parlano per l'esistenza di un fatto reale.

Il risultato costante coi tre metodi diversi; l'uguaglianza dei segmenti messi in evidenza; l'ulteriore comportamento oltremodo caratteristico dei segmenti stessi.

Durante questo periodo i condrosomi si spargono gradatamente per tutto il protoplasma.

2) *Corona.* — Successivamente *i dittosomi vanno disponendosi su un unico piano ed assumendo una disposizione molto simile a quella del monoaster della cariocinesi.* Questa figura molto caratteristica è probabilmente di durata assai breve, infatti si trovano abbastanza rari gli spermatociti che la presentano nel suo momento

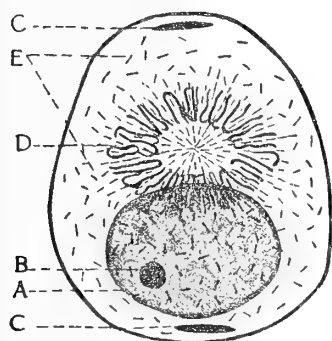



Fig. 3.

A nucleo, *B* nucleolo, *C* corpi polari di Van Bénéden (?), *D* dittosomi disposti a formare la corona, *E* condrosomi di Meves.

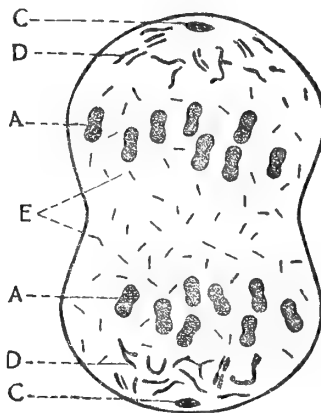



Fig. 4.

A cromosomi, *C* corpi polari, *D* dittosomi. *E* condrosomi di Meves.

culminante; molto più facile è trovare momenti immediatamente precedenti o seguenti. Alla figura perfetta di *corona* segue un'altra figura che ha una certa somiglianza con quella della piastra equatoriale della cariocinesi; io non potrei però dire quale sia la sua maniera di formazione e di derivazione della corona.

Frattanto i condrosomi si dispongono in serie lineare fra i dittosomi con una disposizione a raggiera avente il proprio centro al centro della corona. Nel resto del protoplasma essi sono irregolarmente distribuiti. In questo momento, nel nucleo appena comincia a mostrarsi più evidente e a placche la cromatina, preludendo alla divisione cariocinetica.

3) In seguito *i dittosomi si dispongono in due ammassi che si allontanano l'uno dall'altro e vanno a disporsi ai due poli opposti della cellula, altre volte si spargono irregolarmente per tutto il corpo cellulare poi si raccolgono ai poli.* Se la divisione sia avvenuta per uno sdoppiamento di ciascuno dei dittosomi primitivi, o per il movimento di alcuni di essi verso un polo e di altri verso l'altro polo io non potrei fino ad ora dire. A questa epoca parecchi dei dittosomi assumono forma ad anello o a disco.

I condrosomi sono irregolarmente sparsi per tutto il protoplasma cellulare.

4) *Si inizia la cariocinesi propriamente detta; avviene la scomposizione del nucleo in cromosomi i quali rimangono liberi presso il centro dell'elemento mentre intorno ai due corpi polari stanno accumulati i dittosomi.* Seguono le figure caratteristiche della cariocinesi ed ha luogo la divisione dello spermatocito di primo ordine in due spermatociti di secondo ordine.

I condrosomi rimangono distribuiti pressochè uniformemente nel protoplasma e rimangono in parte nell'una, in parte nell'altra delle cellule figlie

Spermatocito di secondo ordine.

Questo elemento presenta dei caratteri assolutamente particolari. Il nucleo, per quanto risulta dalle descrizioni accurate di Meves che io non potrei che confermare, non

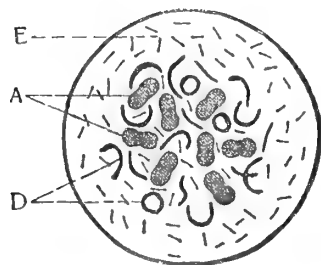



Fig. 5.

A cromosomi, *D* dittosomi, *E* condrosomi di Meves.

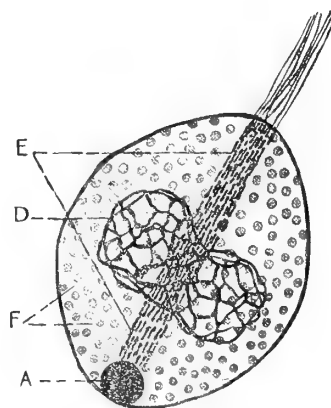



Fig. 6.

A nucleo, *D* apparato di Golgi, *E* condrosomi di Meves, *F* mitocondri di Benda-Retzius.

si ricompone almeno nella grande maggioranza dei casi completamente e, mentre una parte dei cromosomi si riunisce a costituire una vescicola che ha tutti i caratteri del nucleo, qualcuno rimane sempre isolato nel protoplasma.

L'apparato di Golgi si trova di solito allo stato di dittosomi divisi, soltanto in casi eccezionali si presenta sotto forma di apparato reticolare a filamenti anastomizzati e ramificati abbastanza grossolani, derivato da una ricomposizione per parte dei dittosomi provenienti dalla scomposizione dell'apparato di Golgi dello spermatocito di primo ordine.

I condrosomi si presentano o sparsi pel protoplasma o a serie lineari irregolarmente disposte.

Questo elemento entra ben presto in divisione indiretta e dà luogo a due spermatidi.

Grande spermatide o spermatide oligopirene.

Compimento della dittocinesi.

Il grande spermatide è una cellula tondeggiante, a protoplasma abbondante, a nucleo relativamente piccolo e povero di cromatina; quando già è ricostituito il nucleo *i dittosomi* sono ancora liberi e soltanto lentamente *si avvicinano gli uni agli altri e per progressive anastomosi vanno ricostituendo l'apparato reticolare;* ad ogni modo questa ricostituzione è ben dimostrabile. L'apparato reticolare che viene a formarsi da questa ricostituzione è elegante, completo, caratteristico, molto somigliante a quello dei grandi spermatociti di primo ordine da cui tali elementi derivano.

I condrosomi di Meves in tali elementi si comportano in modo diverso ma molto caratteristico; *essi si raccolgono gradatamente sotto forma di granuli sferici in un'area limitata, qualche volta descrivendo una chiara figura stellata; comunque, si accentua gradatamente una disposizione a serie irradiantisi da un punto centrale; successivamente tutte queste serie lineari si raccolgono a formare un fascetto sempre più stipato, sottile ed allungato, il quale fa capo con un estremo al nucleo.* Si nota inoltre, oltre alle formazioni descritte, nel protoplasma cellulare e più precisamente in tutta la sua zona periferica, *una serie di grosse granulazioni visibili chiaramente a fresco e colorabili con l'ematossilina ferrica e con parecchi colori nucleari* (saffranina, fucsina basica, ecc.) *le quali, come vedremo poi, non sono altro che i veri mitocondri di Benda.*

A mano a mano che lo spermatide procede nella sua evoluzione, esso assume una forma allungata, poi fusata. Il nucleo si porta ad uno degli estremi della cellula e va gradatamente trasformandosi nella testa del nemasperma, dal polo opposto si origina il noto ciuffo di ciglia; *il fascetto dei condrosomi di Meves si dispone a costituire l'asse della cellula facendo capo con un estremo al nucleo, con l'altro al ciuffo di ciglia. L'apparato reticolare di Golgi, giace entro il protoplasma nel punto più dilatato dell'elemento e i mitocondri di Benda si mantengono senza modificarsi nella porzione più periferica del protoplasma.* Più tardi, a mano a mano che la porzione della cellula ove si trova il nucleo va gradatamente allungandosi e assottigliandosi, avvengono in tutte le formazioni importanti modificazioni. *Il fascio assiale dei condrosomi di Meves va gradatamente allungandosi e assottigliandosi e mantiene la sua posizione occupando l'asse del nemasperma*: a torto è stato affermato che tali formazioni costituiscano in fine il « *mitochondrienmantel* », del nemasperma.

L'apparato di Golgi occupa per un tempo notevole e fino a che essa esiste, l'espansione posteriore del corpo del nemasperma, alcune volte mantenendosi intatto, altre volte scomponendosi gradatamente di bel nuovo in dittosomi a bastoncino arcuato, ad anello, a disco. Ad ogni modo questa scomposizione dell'apparato reticolare ha sempre luogo quando l'espansione terminale del nemasperma sta per

sparire e i dittosomi rimangono a far parte del nemasperma, chiusi fra l'asse costituito dai condrosomi di Meves e il mantello mitocondriale di cui ora parlerò.

I mitocondri di Benda, a mano a mano che la trasformazione avviene, *vanno allineandosi a strie trasversali o più probabilmente disponendosi su una linea elicoidale. Più tardi essi si riuniscono a costituire un ben evidente filamento elicoidale a giri avvicinati;* tale trasformazione talora si inizia già durante la trasformazione dello spermatide in nemasperma, talora anche a nemasperma pressochè definitivamente costituito non è ancora avvenuta. In questi casi il nemasperma presenta quel rivestimento striato a granuli tondeggianti così ben descritto e analizzato specialmente da Retzius, noto col nome di *Mitochondrienmantel.*

Nemasperma oligopirene o vermiforme.

Riguardo a questo elemento già classicamente descritto specialmente da Retzius io aggiungerò soltanto qualche nota sui punti riguardo ai quali le mie ricerche hanno modificato le idee prima accettate.

La porzione assiale di questo nemasperma si trova occupata specialmente dai condrosomi di Meves. La porzione periferica è occupata dal mantello mitocondriale o filamento elicoidale derivato dai mitocondri di Benda.

Nello spazio fra queste due formazioni si trovano incuneati i dittosomi derivati dalla scomposizione dell'apparato di Golgi, a quest'epoca difficilmente dimostrabili. Soltanto all'estremo caudale del corpo del nemasperma sono ancora chiaramente dimostrabili uno o più corpicciuoli provenienti dall'apparato reticolare: essi si colorano elegantemente in vivo col « brillant-kresilblau » e col « neutralroth »; sono anzi caratteristici i nemaspermi vermiformi della paludina sottoposti a questi procedimenti in preda a vivaci movimenti e portanti nel loro corpo le formazioni colorate.

Un fatto abbastanza notevole è che il noto cappuccio, che ricopre o costituisce la testa del nemasperma, si colora elettivamente con tutte le reazioni che servono a mettere in evidenza l'apparato reticolare. Questo cappuccio comincia ad apparire non appena nello spermatide il nucleo si è portato ad un polo della cellula e talora si presenta subito come un piccolo cappuccio membranoso, talvolta reticolare.

Deriva esso dall'apparato reticolare? Finora io non ho argomenti in favore di una tale ipotesi se non il criterio microchimico della colorazione mediante gli stessi reattivi molto diversi tra loro; ma poichè il valore chimico di una tale reazione è molto scarso, così non credo che allo stato attuale delle nostre conoscenze una simile ipotesi possa considerarsi fondata.

Serie eupirene della Paludina vivipara.

La serie: piccolo spermatocito-nemasperna eupirene della Paludina vivipara è certo, fra le serie spermatiche più diffusamente note. Studiata ripetutamente da parecchi autori e da ultimo a fondo da Meves, le figure relative ad essa date da questo autore dal punto di vista dei mitocondrî, sono largamente discusse e riprodotte in riviste e trattati. Ad ogni modo un rilievo che si impone al riguardo di queste figure è

quello che esse non hanno, almeno a mio modo di vedere, alcun contatto con molte altre figure di mitocondrî che sono state date per altri elementi, tranne le prime dove Meves rappresenta questi elementi sotto forma di granuli distribuiti in una limitata regione del protoplasma. Fatta adunque fin d'ora la più ampia riserva circa la loro interpretazione, io devo dichiarare che i metodi da me usati, mi hanno dato la conferma in massima delle figure di Meves; soltanto io penso che esse in parte non rappresentino che la *silhouette* o i contorni di formazioni ben più consistenti e realmente esistenti, e devo aggiungere a queste figure molte altre che ora illustrerò e che ne fanno modificare profondamente l'interpretazione. In questa serie di cellule più piccole però, data la scarsità del protoplasma, i fatti non si svolgono colla chiarezza con cui avvengono nei grandi elementi; talora bisogna ricorrere, per interpretare le forme, al paradigma della serie oligopirenica. e talune figure non sono, a mio modo di vedère, tuttora interpretabili con assoluta sicurezza. All'incontro in tali elementi l'evoluzione della sostanza cromatica del nucleo si presenta più chiara e schematica, per modo che il giudizio del momento di vita in cui si trova la cellula è estremamente facile.

Sviluppo del piccolo spermatocito.

Il piccolo spermatocito è una cellula a grande nucleo vescicolare dapprima a cromatina pulverulenta poi filamentosa; nettissimo vi è il processo di sinapsis e finalmente dal grumo cromatico della sinapsis si svolge un elegantissimo nastro dentellato di cromatina.

Durante tutto questo periodo l'apparato reticolare interno dapprima estremamente semplice e rappresentato da un piccolo anello o da un cestello di tre o quattro filamenti intrecciati e anastomizzati, si fa relativamente complicato ed elegante; esso presenta il suo maggiore sviluppo nel momento in cui nel nucleo si mostra ben netto il nastro cromatico. L'apparato reticolare ha una certa tendenza a costituire nel suo contesto degli anelli.

Certo è che alcune delle figure di Meves di mitocondrî in questo periodo, fanno pensare che si tratti di colorazioni incomplete dell'apparato di Golgi.

Nello stesso elemento e in questi stessi periodi si possono mettere in evidenza formazioni a granuli e a corti filamenti, in tutto simili ad alcune delle figure di Meves, e a quelle formazioni dimostrabili nel grande spermatocito a cui ho dato il nome di condrosomi di Meves.

Dittocinesi e Cariocinesi.

La dittocinesi nel piccolo spermatocito incomincia nel punto in cui il nastro cromatico del nucleo si scinde e costituisce i noti segmenti che si foggiano ad anello o a cifra 8; un po' più tardi quindi, rispetto al nucleo, di quanto avviene pel grande spermatocito. L'apparato reticolare anche qui si divide in *dittosomi*, i quali vanno gradatamente disponendosi sovra un piano a formare un'evidentissima figura stellata: *la corona*. Qualcuno dei dittosomi si presenta a forma singolare e caratteristica con un piccolo foro centrale di forma elittica.

Costituita la corona, secondo leggi non ancora ben determinate anche qui i dittosomi si dividono *in due gruppi che si portano ai due poli della cellula.*

Lo stadio di corona e questo ultimo movimento dei dittosomi avvengono nel momento in cui il nucleo presenta la disposizione in anelli cromatici.

A questo punto si inizia la cariocinesi in stretto senso e le tetradi cromatiche si liberano dal protoplasma; a partire da questo momento però, data la estrema complicazione delle figure, per quanto ben definite ed elegantissime, e la piccolezza dell'elemento, è molto difficile di sceverare le diverse formazioni. Ad ogni modo, a parte i cromosomi, mi sembra fra gli elementi colorabili in nero col metodo dell'acido arsenioso, che dà in siffatti elementi risultati veramente brillanti, si possano distinguere: filamenti di lunghezze apparentemente uguali o multiple, omogenei, variamente intrecciati tra loro e coi cromosomi; filamenti a netta struttura granulare (quasi di granuli disposti in fila) variamente intrecciati, di lunghezza varia, descriventi anelli a complicate volute, talora anastomizzati e ramificati a formare una specie di canestro entro il quale stanno i cromosomi.

Io non voglio affermare che si tratti di due formazioni sicuramente diverse; dato però che esse siano tali, riferirei la prima all'apparato reticolare, la seconda ai condrosomi.

Quanto alle figure di Meves, riguardo a questo periodo, esse trovano riscontro, se non completamente, almeno in parte, nella seconda categoria di figure descritte.

Piccolo spermatocito di secondo ordine.

Appena costituito, lo spermatocito di secondo ordine si presenta come una piccola cellula con nucleo a blocchetti cromatici irregolari, grandi e vivamente colorabili; in esso sono particolarmente notevoli le forme di ricostituzione dell'apparato reticolare. *I dittosomi si riuniscono,* a quanto sembra, *in un lungo filamento qualche volta ramificato il quale va progressivamente avvolgendosi su se stesso ad un polo del nucleo fino a costituire un gomitolo abbastanza lasso che si trasforma poi in reticolo.*

La ricostituzione dell'apparato reticolare è fugacissima e poco dopo troviamo il nucleo colla cromatina disposta ad anelli e l'apparato reticolare già scomposto in *dittosomi che costituiscono la corona.* Segue la cariocinesi di questo elemento ed ha origine il piccolo spermatide.

Piccolo spermatide e nemasperma eupirene.

Il piccolo spermatide, sulla cui descrizione non insisterò per non ripetere quanto è già stato finamente e con precisione descritto da Meves, contiene oltre al nucleo e al centrosoma che dà luogo al filamento caudale, due categorie di formazioni; innanzi tutto, al polo opposto a quello d'onde ha origine il filamento caudale, si può mettere in evidenza un piccolo anello o una formazione reticolare molto piccola e semplice; questa formazione, a mano a mano che lo spermatide va trasformandosi in nemasperma, descrive un mezzo giro attorno al nucleo portandosi rasente al filamento

caudale, per collocarsi poi entro l'espansione protoplasmatica ben nota del nemasperma immaturo. Contemporaneamente noi osserviamo alcune figure già descritte dal Meves: fin dall'inizio situate attorno al filamento caudale che va sviluppandosi, si trovano quattro, o cinque o più formazioni sferiche, colorabili sia coll'argento, sia coll'ematossilina ferrica, le quali si riducono dapprima a quattro, poi a due probabilmente confluendo insieme; le due si allungano e si appiattiscono le faccie con cui si guardano e fra le quali sta il filamento caudale; assumendo la forma e la disposizione di due semi di caffè. Finalmente confluiscono insieme in una specie di manicotto situato attorno al filamento caudale.

Quanto al piccolo nemasperma, io non ho che a riferirmi completamente alla magistrale descrizione di Retzius; soltanto a quella descrizione devo aggiungere due particolarità di stuttura che ho potuto mettere in evidenza col metodo della reazione nera: un filamento elicoidale disposto per lungo tratto nel corpo del nemasperma e che finisce presso la testa in un anello elissoidale e un filamento spiroelicoidale che avvolge la porzione posteriore della testa del nemasperma.

Ed ora, a quali categorie di formazioni ascriveremo queste che abbiamo descritte? Ricordiamo innanzi tutto le tre che abbiamo chiaramente distinto nel grande spermatide: i condrosomi di Meves che costituiscono l'asse del nemasperma, l'apparato reticolare che si porta gradatamente alla porzione terminale del corpo del nemasperma e resta racchiuso in questo punto, i mitocondrî di Benda che costituiscono il filamento elicoidale.

Le difficoltà che si incontrano nel ravvicinare a questo schema le formazioni che si osservano nel piccolo spermatide sono molte e gravi, esse sono soprattutto determinate dalla scarsità del protoplasma di questo elemento e dal fatto che le diverse formazioni si presentano con una fisonomia affatto nuova.

Tali difficoltà ad ogni modo non riguardano che in piccola parte una delle particolarità di struttura che ho descritte, e più specialmente la prima, quell'anello o piccolo canestro che, situato dapprima dal lato opposto del nucleo a quello dove si origina la coda del nemasperma, compie poi un mezzo giro per portarsi alla dilatazione protoplasmatica dello stesso nemasperma. La situazione finale ed il modo di comportarsi di questo apparato è esattamente lo stesso che quello dell'apparato reticolare nel grande nemasperma. Si ha veramente l'impressione grossolana che esso sia un po' esiguo in rapporto con l'apparato reticolare dello spermatocito di secondo ordine e questo lascia adito a pensare che tale formazione non rappresenti tutto quanto esiste nello spermatide dell'apparato reticolare; ma finora non vi ha alcun argomento di osservazione diretta che ci autorizzi a discutere seriamente questa ipotesi.

Molto più difficile è dire quale parte spetti ai condrosomi di Meves, ai mitocondrî di Benda e ad altre parti della cellula riguardo alle grosse formazioni che si dispongono attorno al filamento caudale dallo stesso lato del nucleo e che vanno poi trasformandosi in un manicotto facente seguito alla testa e avvolgente il filamento caudale; certo il suo comportamento si distacca da quello delle due formazioni note nel grande nemasperma e tuttavia noi sappiamo che nel piccolo spermatide esistono certamente i condrosomi di Meves che abbiamo dimostrato chiari e caratteristici negli spermatociti da cui essi provengono e i mitocondrî di Benda giacchè troviamo nel

nemasperma il caratteristico filamento elicoidale. Da questo punto di vista senza voler decidere in modo assoluto la questione, si può però affermare che il disporsi a manicotto è più caratteristico dei mitocondrî di Benda nè d'altronde si può escludere che in questi elementi le due formazioni sieno in rapporti così stretti (e forse conglobati insieme l'una all'altra) da essere impossibile il distinguerle. Sarebbe ancora da stabilire la provenienza del filamento spiroelicoidale della testa, ma da questo punto di vista io nulla di preciso potrei dire.

Anche nel piccolo nemasperma col metodo di Kopsch si ha la colorazione nera di uno strato periferico nella parte anteriore della testa e anche qui si potrebbe ripetere quanto abbiamo detto pel nemasperma oligopirene.

MAMMIFERI.

Più difficilmente solubile, e sarebbe stata insolubile se considerata in se stessa, è la questione che riguarda i mitocondri e l'apparato reticolare delle cellule spermatiche dei mammiferi.

Riguardo ai mammiferi, i mitocondrî sono noti in seguito alle classiche ricerche di Benda. Quanto all'apparato reticolare esso vi fu descritto da Sjowall. Se non che dalle figure di Sjowall nessuno può convincersi che si tratti dell'apparato reticolare. Egli figura e descrive infatti delle masse colorabili in nero col suo metodo, in generale sferiche, raramente appena finestrate, che non assomigliano per nulla nè all'apparato reticolare interno che si può mettere in evidenza in tutte le altre cellule, nè all'apparato reticolare interno che io stesso sono riuscito a mettere in evidenza negli stessi elementi. Probabilmente nelle figure di Sjowal si tratta o dell'apparato reticolare profondamente alterato e rigonfiato, o di questo e di un'altra sostanza, intrecciata coll'apparato reticolare o in qualche modo rivestente i suoi filamenti o che ne riempie le maglie che talvolta si impregna anche coll'argento, l'idiozoma.

Fra i mammiferi io ho studiato più specialmente la cavia, il coniglio, il topo, il cane ed il gatto.

Innanzi tutto, noto incidentalmente, ho potuto mettere in evidenza un elegante e robusto apparato reticolare dalla cui descrizione mi esimo, riferendomi alla figura, nelle cellule di Sertoli; è di forma classica ed assomiglia a quella che si riscontra nelle cellule nervose.

Negli spermatogonii del coniglio l'apparato reticolare è a maglie strette, abbastanza grande rispetto al diametro della cellula e situato a lato del nucleo che esso non comprende nelle sue maglie; in tali elementi si riesce a colorarlo (le buone reazioni nei mammiferi sono sempre molto difficili e frammentarie) con relativa facilità specialmente nel coniglio e nel gatto.

Nello spermatocito l'apparato reticolare è relativamente più piccolo, talora finamente e classicamente reticolare, tal'altra costituito da pochi filamenti o da molti filamenti riuniti a formare un apparato reticolare molto fitto e stipato; alcune figure dànno l'idea di qualche cosa di molto mutevole, si trovano infatti forme

estremamente allungate, strozzate; infine figure assai simili a quelle di ricomposizione dell'apparato reticolare della piccola serie della paludina vivipara. Nello spermatide l'apparato reticolare è più piccolo ma tuttavia ben dimostrabile. Figure analoghe si possono mettere in evidenza nel cane, nel gatto, nel ratto. Nel ratto anzi mi è avvenuto di sorprendere qualche figura negli spermatociti in cui si sarebbe detto trattarsi di apparato reticolare in via di segmentazione; ma, data la reazione poco sicura che si ottiene su questi elementi, dato i limitati tratti di canalicolo in cui la reazione avviene, infine che in tali elementi io non ho ottenuto preparati dimostrativi se non con un solo metodo di impregnazione metallica, io non voglio affermare senz'altro che si tratti di vere figure di segmentazione. Ad ogni modo pare probabile che si tratti di questo processo, data la sicura corrispondenza dell'apparato reticolare con quello delle cellule spermatiche della paludina, e la esatta corrispondenza di tutti gli stadî che si sono finora potuti mettere in evidenza. Oltre a queste figure io ho pure potuto mettere in evidenza in alcuni spermatidi figure di bastoncini arcuati diffusi nel protoplasma cellulare. Certo mi si è affacciato il dubbio che potesse trattarsi di frammenti dell'apparato reticolare, ma non avendo una tale supposizione altro fondamento che quello di una analogia morfologica non perfetta, voglio tenere di fronte ad essa una assoluta riserva.

Una questione molto importante dal punto di vista biologico è quella dalla sorte dell'apparato reticolare nella trasformazione dello spermatide in nemasperma; riguardo a questo però io devo dire che nei mammiferi non sono giunto ad una risoluzione completa della questione. Si lotta qui contro difficoltà d'ogni maniera date e dalla rarità di buone reazioni e dalla estrema scarsità del protoplasma degli elementi. Ad ogni modo sembra che una parte dell'apparato reticolare passi nel corpo residuale e una parte rimanga nel nemasperma. Alcune volte si vede una divisione in due, altre volte si trovano anelli o filamenti, probabilmente derivati dalla divisione dell'apparato reticolare.

Mitocondri e condrosomi nei mammiferi.

Non ho fin qui fatto cenno dei mitocondrî già ben noti in tali elementi specialmente dagli studî di Benda e di Duesberg; soltanto rileverò come nello spermatide mi è avvenuto di dimostrare specialmente nel coniglio e nel ratto particolari formazioni le quali si ricollegano colle figure che disegnano nella grande serie della paludina vivipara i condrosomi di Meves.

Tali figure io ho osservato più precisamente nello spermatide del ratto e del coniglio durante il suo periodo di trasformazione in nemasperma. Si tratta nel ratto di una determinata categoria di granuli sferici i quali si dispongono dapprima ad occupare una determinata regione ben delimitata dal protoplasma e diversa da quella in cui giace l'apparato reticolare; in seguito essi si ordinano in serie lineari le quali si dispongono poscia a costituire un fascetto molto simile a quello descritto nel grande spermatide della paludina (si confronti la figura 92 colle figure 43-48).

Quando si inizia la trasformazione dello spermatide in nemasperma, appena il nucleo si è portato ad un estremo della cellula, questo fascetto si colloca immedia-

tamente a ridosso del nucleo a costituire l'asse dello spermatide stesso e quindi del nemasperma. Anche nel coniglio ho potuto dimostrare una formazione assiale perfettamente corrispondente.

Anche a proposito del nemasperma del coniglio mi è avvenuto di mettere in evidenza un filamento elico-spirale che avvolge la parte posteriore della testa; esso si origina entro il protoplasma dello spermatide e si colloca poi nella sua posizione definitiva. A mano a mano che il nemasperma diviene completo questo apparato va assumendo la forma definitiva di un cappuccio rivestente la metà posteriore della testa del nemasperma stesso.

Una siffatta particolarità di struttura esiste anche nel gatto e probabilmente anche in tutti gli altri mammiferi, nel gatto anzi l'estremo anteriore di questo filamento si impregna con facilità maggiore mediante i sali d'argento ed avviene spesso che di esso si colora soltanto appunto questo anello anteriore.

A parte questo filamento sulla cui derivazione non ho finora elementi sicuri di giudizio, esistono adunque anche nelle cellule spermatiche dei mammiferi tre ordini di formazioni ben dimostrabili. L'apparato reticolare interno, i mitocondrî di Benda, i condrosomi di Meves la cui sorte finale, per quanto ci è dato seguirla, appare identica a quella a cui le stesse formazioni vanno incontro nella paludina vivipara.

Le diverse formazioni e loro classificazione.

Volendo ora venire ad una classificazione delle formazioni intraprotoplasmatiche che ho potuto mettere in evidenza durante il corso de' miei studî e seguire attraverso a due divisioni cellulari e alla trasformazione dello spermatide in nemasperma, io prenderò come paradigma il grande spermatide della paludina, il quale presenta una disposizione, a mio modo di vedere, assolutamente schematica.

In esso troviamo il nucleo ad un estremo della cellula, l'apparato reticolare di Golgi al centro di essa, le formazioni che ho chiamate condrosomi di Meves disposte a costituire un fascio centrale, i mitocondri di Benda alla periferia della cellula stessa. Tutti questi elementi si mantengono nel loro sviluppo ulteriore indipendenti. Noi abbiamo quindi in questo elemento contemporaneamente tre categorie di formazioni nettamente distinte fra loro le quali hanno un comportamento evolutivo caratteristico corrispondente ad una legge ben determinata. I mitocondri di Benda, i condrosomi di Meves, l'apparato di Golgi.

Che l'apparato di Golgi sia una formazione distinta dalle formazioni mitocondriali non vi ha dubbio; nella paludina e nei mammiferi basta un confronto di figure per convincersene; si tratta di apparati che hanno una evoluzione propria e distinta. Che essi poi abbiano una genesi comune o un rapporto diretto di derivazione io non potrei negare per quanto tutti i fatti descritti nei miei studî includano piuttosto argomenti contrarî ad una tale supposizione. Certo è ad ogni modo che attraverso alle tre generazioni delle cellule spermatiche si possono sempre mettere in evidenza un apparato di Golgi, sia nella sua forma classica, sia sotto forma di dittosomi e un apparato mitocondriale. Ma anche per l'apparato mitocondriale ho detto, e non mi

dissimulo che una tale affermazione desterà una certa sorpresa, che i condrosomi di Meves descritti nel grande spermatide della paludina vivipara e i loro omologhi non sono quelli che il Benda ha descritto in tale elemento come mitocondri e i loro omologhi, ma che si tratta di due formazioni distinte.

Un punto storicamente caratteristico a questo riguardo è quello in cui Benda fa la critica del metodo di colorazione usato dal Meves: egli sostiene che il metodo usato dal Meves per la colorazione dei mitocondri è inadatto allo scopo; infatti, secondo lui, Meves colora soltanto un piccolo gruppo dei mitocondri occupanti un'area limitata nelle cellula, mentre essi occupano tutta la zona periferica del protoplasma cellulare.

Il fatto è che i reperti avuti da Benda e da Meves sono entrambi rispondenti alla realtà e completi dal punto di vista della particolarità presa in considerazione, soltanto si riferiscono a formazioni diverse e il cui destino finale è diverso; mentre infatti i mitocondri di Benda sono destinati a dar luogo al filamento elicoidale del nemasperma, i condrosomi di Meves costituiscono in ultima analisi l'asse del nemasperma stesso. Su questo punto anzi, i fatti che ho fino ad ora osservati, unitamente ai reperti di Benda e di Duesberg per i mammiferi, mi autorizzano senz'altro ad ammettere che allo stesso modo le stesse formazioni si comportano anche nei mammiferi.

Distinte queste tre formazioni, vediamo se delle formazioni descritte sotto altro nome nelle cellule spermatiche ed in altri elementi, da me già enumerate in principio di questa Nota, possano eventualmente identificarsi, o se hanno rapporti di qualche maniera con alcuna di quelle da me considerate.

Lascio da parte i *cromidii* e i *trofospongi di Holmgreen,* su cui tornerò più particolarmente in seguito e mi occuperò dell'*idiozoma*, delle *formazioni iuxtanucleari dei pseudocromosomi* « *centralcapseln* » e *centroformien* ».

Quanto al significato dell'*idiozoma*, considerato finora come un annesso del centrosoma, io credo che vi sia tutt'ora molto da discutere, ed è anzi probabile, almeno per quanto riguarda la paludina, che l'idiozoma non abbia nulla a che fare col centrosoma.

In questa oscurità di significato non si può non pensare, tra le formazioni che potrebbero avere con esso qualche analogia, alla sostanza di Nissl delle cellule nervose; le zolle di Nissl, veramente, che presentano coll'idiozoma alcuni caratteri simili di colorabilità, sono estese a tutto il corpo cellulare e intrecciate con l'apparato reticolare e il rimanente protoplasma, l'idiozoma invece è soltanto intrecciato con l'apparato reticolare e non occupa che una piccola porzione del corpo cellulare. Anche l'apparato reticolare però nelle cellule nervose è esteso a tutto il protoplasma e qui non ne occupa che una piccola porzione. Ad ogni modo una analogia fra le due formazioni non si può certo affermare.

Le formazioni iuxtanucleari (*nebenkern* di La Vallette St. George, *protoplasma superiore* di Prenant) si riferiscono specialmente all'apparato reticolare interno. Le figure date dagli autori sono infatti in parte ben riconoscibili come figure incomplete di apparati reticolari interni, sotto il nome di *nebenkern*, però sono comprese anche formazioni riferibili ai mitocondri e formazioni riferibili alla centrosfera.

I *pseudocromosomi*, descritti specialmente dall' Heidenhain si riferiscono senza dubbio all'apparato di Golgi; si tratta di colorazioni incomplete di esso o di elementi cellulari còlti durante il processo dittocinetico in cui i dittosomi si sono già divisi l'uno dall'altro. Quanto alle capsule o formazioni membranose da cui deriverebbero i pseudocromosomi, io non le ho mai verificate e credo autorizzato il dubbio che i reperti in questo senso sieno dovuti a prodotti artificiali del metodo usato. Per conto mio credo di aver dimostrato con assoluta sicurezza la derivazione dei dittosomi, nella categoria dei quali devono rientrare per la maggior parte i pseudocromosomi degli autori, dall'apparato reticolare, il quale si forma colla cellula e mantiene durante tutta la vita dell'elemento stesso la sua individualità e la sua fisonomia caratteristica.

Pei *centroformien* di Ballowiz non vi ha dubbio che corrispondano all'apparato reticolare di Golgi.

Formazioni mitocondriali

(mitocondri, condroconti, condromiti, condrosomi, ecc.).

Per una trattazione ordinata di questo intricato argomento, sarebbe innanzi tutto opportuno di sceverare fra tutte le formazioni descritte come mitocondri quelle che si devono considerare veramente tali, poi dividere quelle che corrispondono alla primitiva formazione descritta da Benda, da quelle illustrate specialmente da talune ricerche di Meves. Ma non è mia intenzione di far qui un'ampia rivista di tutte le formazioni descritte sotto tale denominazione e di discuterle una per una. Soltanto mi limiterò ad esaminare ed a discutere, in base ai fatti osservati, le diverse ipotesi emesse circa la loro origine, la loro natura, il loro significato, ed il loro comportamento biologico.

Riguardo alla loro derivazione e natura, si sostengono parecchie ipotesi: derivazione dal nucleolo (Wassilieff), natura e derivazione nucleare (Goldsmith, Popoff, ecc.) natura protoplasmatica essenziale e derivazione autonoma, (Benda, Heidenhain, Meves, ecc.) natura deutoplasmatica (Russo).

L'opinione che ammette la derivazione dal nucleolo dei mitocondri, opinione isolata di Wassilieff, non credo possa esser messa in linea. Per conto mio, non ho osservato un solo fatto che avvalorasse questa ipotesi per quanto abbia sempre avuto i nucleoli ben colorati in tutti i miei preparati di mitocondri studiati in qualsiasi momento della vita della cellula.

La questione dell'origine nucleare dei mitocondri si lega intimamente con quella dell'analogia di tali formazioni coi *cromidii*, formazioni cromatiche derivate dal nucleo e deve esser quindi considerata con grande attenzione.

Dal punto di vista morfologico, se non esiste identità, si ha però una somiglianza abbastanza decisa fra alcune formazioni mitocondriali e talune disposizioni della cromatina. Questo criterio ha però un valore relativamente scarso perchè, trattandosi di filamenti e di granuli, nell'uno e nell'altro caso, forme non caratteristiche, ma dif-

fusissime negli elementi cellulari di ogni maniera, si comprende come sia facile di trovare delle analogie morfologiche. Quanto agli argomenti che si riferiscono ad affinità chimiche, essi sono invece tutti recisamente contrarî, per quanto riguarda i condrosomi di Meves; nessuno infatti dei colori elettivamente nucleari colora queste formazioni. I mitocondri di Benda invece, sebbene di solito non si colorino, in qualche caso isolato e durante un momento evolutivo relativamente assai breve, nella paludina vivipara, possono colorarsi con taluni colori nucleari.

Anche il fatto da me descritto di fuoruscita di materiali nucleari nel protoplasma potrebbe essere un argomento a sostegno dell' ipotesi dell'origine nucleare dei mitocondri e tanto più in quanto in taluni casi, nelle vescicole che si sequestrano dal nucleo si trovano delle figure cromatiche identiche per forma e grandezza a quelle che assumono i condrosomi di Meves. A questo riguardo però si deve tener conto del fatto che i condrosomi di Meves si trovano già estremamente numerosi nello spermatocito prima che si inizî il processo di fuoruscita di materiali dal nucleo ed esistono nella cellula fino dalla sua formazione: se poi aggiungiamo gli argomenti che ci vengono forniti dall'aver seguìto l'evoluzione ulteriore dei condrosomi nelle successive cariocinesi in cui essi passano metà nell'una e metà nell'altra cellula figlia, serbando un comportamento ben individuato e consideriamo che non è dimostrato che in tutti gli spermatociti avvenga il processo descritto, di scambio di materiali fra il nucleo ed il protoplasma, noi non possiamo non pensare che una derivazione nucleare dei mitocondri, che si risolve in una omologia coi cromidii, sia improbabile.

Argomenti più suggestivamente favorevoli si potrebbero trovare ad una derivazione nucleare dei mitocondri di Benda, per quanto riguarda la paludina vivipara; stanno in favore dell' ipotesi i loro caratteri di colorabilità e il fatto, che realmente dal momento in cui è costituito lo spermatide, la massa della cromatina appare fortemente diminuita: contemporaneamente a questa diminuzione per lo meno apparente della cromatina, ha luogo la comparsa dei mitocondri di Benda. Se non che, oltre al fatto che non si può dimostrare che non tutta la cromatina non è rimasta nel nucleo e che essi potrebbero derivare anche dall'idiozoma colla sostanza del quale vi è analogia di colorabilità, sta l'altro argomento di ben maggior valore, in quanto basato su osservazioni dirette, che nei mammiferi, come Benda ha dimostrato, tali formazioni si seguono, autonome, attraverso a tutta la serie spermatica.

La natura protoplasmatica delle formazioni mitocondriali trova largo consenso fra gli osservatori; vi ha però una divergenza a seconda che si ritiene, che si tratti di una differenziazione del protoplasma stesso fino ad un certo punto individuabile, oppure che siano parte integrante del protoplasma stesso, la parte più nobile e più squisitamente vitale (Heidenhain, Meves). Più specialmente il Meves ravvicina senz'altro i mitocondri con la massa filare di Flemming e i bioblasti di Altmann, trovando in essi il punto di raccordo fra le teorie dei due autori (anche l'apparato reticolare corrisponde per lui ai mitocondri e quindi alla stessa formazione, ma riguardo a questo ho già dimostrato che si tratta di una formazione diversa).

Quanto ad una identificazione tra formazioni mitocondriali e massa filare di Flemming sostenuta da Heidenhain e Meves io osserverò soltanto che per taluni ele-

menti si avrà realmente una corrispondenza fra la struttura filamentosa descritta dal Flemming stesso o da altri osservata e la disposizione dei mitocondri dimostrata più tardi negli stessi elementi con metodi d'indagine più fini, ma che certamente la disposizione dei mitocondri non corrisponde che in taluni casi alla massa filare, secondo la teoria passata ormai ai trattati e divenuta classica come teoria della struttura filamentosa di Flemming. L'aspetto filamentoso considerato da quella teoria probabilmente è dato dai mitocondri, dall'apparato di Golgi, e infine da vere e proprie strutture del protoplasma. Quanto ai granuli o bioblasti di Altmann si deve fare la stessa restrizione. Per bioblasti l'Altmann descrisse ogni sorta di granulazioni, fra le le quali con tutta probabilità talune e non la maggior parte, corrispondono ai mitocondri; il che vuol dire che non è lecita una identificazione assoluta fra questa formazione ben definita e tutto ciò che è stato descritto sotto la denominazione di bioblasti.

Vi è infine chi sostiene che i mitocondri non siano che paraplasma e che la loro quantità si può sperimentalmente modificare sottomettendo a speciali trattamenti l'animale a cui appartengono le cellule prese in esame. Così modificando la nutrizione il Russo sostiene che si può far variare la quantità dei mitocondri nelle cellule sessuali. Per conto mio non credo che le formazioni descritte dal Russo come mitocondri siano realmente mitocondri e penso che a buona ragione il Levi ha contestato le sue conclusioni.

Per mio conto, in base alle ragioni esposte, penso che probabilmente i mitocondri sieno una formazione di spettanza del protoplasma e giacciano nel protoplasma avendo nello sviluppo della cellula una certa autonomia; che essi ad ogni modo non siano (come pensa Meves) « il protoplasma ».

Dal punto di vista della loro composizione chimica è stato detto che essi siano costituiti prevalentemente da lipoidi, nessun argomento seriamente fondato però fino ad ora abbiamo a sostegno di questa idea.

Quanto alla funzione, Benda ha pensato che essi abbiano importanza dal punto di vista del movimento della cellula. Egli induceva questo dal fatto che i mitocondri costituiscono nel nemasperma il filamento elicoidale. Su questo punto, pur senza volere in alcun modo infirmare questa ipotesi di Benda, si può osservare, che, per quanto sia oscura la funzione del filamento elicoidale del nemasperma, non è certo l'ipotesi di una azione meccanica l'unica possibile, a questo riguardo, anzi sarebbe meno spiegabile un'azione meccanica per parte del filamento spiro-elicoidale da me descritto in rapporto con la porzione posteriore della testa del nemasperma (e recentemente da Retzius in spermii di altri animali). D'altronde, per quanto sarebbe assolutamente campata in aria un'ipotesi in questo senso, è singolare la somiglianza morfologica del corpo dei nemaspermi con taluni dispositivi elettrici. Koltzoff ha pensato che i mitocondri siano destinati a costituire l'apparato di sostegno, lo scheletro in certo senso della cellula. E anche questa ipotesi fino ad un certo punto

sarebbe conforme al modo di comportarsi dei condrosomi di Meves che si dispongono nel nemasperma lungo l'asse dell'elemento. Però anche riguardo a questa ipotesi come a tutte quelle circa la natura e la funzione dei mitocondri, credo si debba finora tenere una completa riserva.

Riguardo alla riproduzione cellulare, i mitocondri si dispongono, secondo la maggioranza degli autori, a costituire un rivestimento intorno al fuso acromatico; in parecchi casi però questo non avverrebbe; riguardo a questo punto le mie ricerche non hanno che confermato questo modo di vedere e rilevato inoltre alcune loro disposizioni finora non note che assumono durante la dittocinesi; ma non è il caso di insistere quì nei particolari osservati. Si è fatta la questione se si tratti di una divisione passiva o di una divisione attiva dei mitocondri; in base ai risultati delle mie ricerche che ho esposto, io inclino coi più a ritenere che si tratti di una divisione passiva senza però voler fare a questo proposito una precisa affermazione.

Rimane a considerare la questione del destino finale delle formazioni mitocondriali durante la differenziazione dei diversi elementi a costituire i tessuti. Meves nel suo interessantissimo lavoro sui condroconti dell'embrione di pollo ci descrive l'esistenza di elementi simili ai mitocondri delle cellule seminali, che egli anzi ritiene loro omologhi; segue queste formazioni fino ad un certo grado di differenziazione ed ammette, con molta riserva, l'ipotesi che essi costituiscano la parte del protoplasma destinata a subire una differenziazione; a differenziarsi per esempio in fibrille nervose, in fibrille muscolari, ecc. A parte la questione tutt'altro che risolta, se i condromiti dell'embrione corrispondano ai mitocondri delle cellule sessuali, a parte il dubbio giustificato che non in tutte le figure di Meves si tratti della stessa formazione e che taluna soprattutto fra quelle di cellule in cariocinesi, non si riferisca invece all'apparato di Golgi ([1]), questa ipotesi si presenta come molto seducente e logica. Ad ogni modo è più prudente, e per conto mio norma assoluta della scuola a cui appartengo, di attendere prima un sicura base di fatti dimostrati; e questa base fino ad oggi le manca.

Infine Meves attribuisce ai mitocondri un valore fisiologico altissimo, elevandoli alla dignità di portatori dei caratteri ereditarî, dignità fin qui riconosciuta per consenso pressochè unanime al nucleo. Se non che, a mio modo di vedere, questa opinione manca fino ad oggi di fondamento poichè nulla si può dire circa una eventuale partecipazione dell'apparato reticolare e dei mitocondri al trasporto dei caratteri ereditarî fino a che non sia noto il loro comportamente durante il processo di fecondazione ([2]). Le modificazioni del nucleo sono così costanti e caratteristiche, corrispondono ad una legge così precisa e con varianti costanti in ciascuna specie di animali, che è difficile il negare al nucleo una parte preponderante in siffatta funzione. Simili varianti non sono state dimostrate finora per gli altri apparati della cellula. Ad ogni

([1]) Si comprende d'altronde che il Meves non abbia considerata questa questione poichè egli ammette che mitocondri e apparato reticolare non rappresentino che due aspetti della stessa formazione.

([2]) Anche Retzius nel suo recente lavoro sugli spermii si esprime decisamente in questo senso.

modo sarebbe logico piuttosto ammettere che le diverse eredità: cellulare, individuale, della specie, fossero assegnate a diverse parti della cellula; ma quando volessimo assegnarle ci troveremmo senza elementi di giudizio per fare una classificazione.

L'apparato di Golgi e la dittocinesi.

L'apparato di Golgi, scoperto dapprima nelle cellule nervose, deve ormai riguardarsi come un organo costitutivo essenziale della cellula, la cui importanza si impone non solo nel campo della biologia normale, ma anche in quello della patologia.

Il rifare la storia delle conoscenze su questo apparato sarebbe cosa vana [1], ricorderò soltanto che le ricerche svoltesi su questo argomento specialmente per opera della scuola di Golgi, hanno condotto alla dimostrazione della presenza dell'apparato reticolare in quasi tutti gli elementi cellulari normali ed in parecchi elementi patalogici.

Fino ad oggi però è sempre sfuggito, come rileva lo stesso Golgi, il suo significato, sul quale si sono emesse soltanto ipotesi molto discutibili e nulla assolutamente è emerso circa la sua fisiologia e la parte che esso potesse eventualmente avere nella vita della cellula.

Le mie ricerche, come risulta da quanto ho esposto, mi hanno condotto invece a dimostrare ben definite e caratteristische attività vitali di questo organo costitutivo della cellula. Rilevo subito che la conoscenza di questi fenomeni biologici fa cadere tutte le interpretazioni avanzate fino ad oggi sulla natura dell'apparato di Golgi e ci dimostra che esso occupa un posto molto elevato nell'organizzazione della cellula.

Da quanto ho esposto risulta infatti come l'apparato reticolare sia il primo a dare il segno della divisione cellulare ed il primo a compiere la propria divisione, con una precedenza un po' maggiore sul nucleo nel grande spermatocito della paludina, con una precedenza un po' minore nel piccolo e probabilmente allo stesso momento che in quest'ultimo nei mammiferi; in esso si svolgono una serie di modificazioni, che ricordano in modo impressionante la cariocinesi nucleare [2]. Noi abbiamo infatti, come risulta dalla descrizione e dalle tavole, una riproduzione impressionante delle figure cromatiche appartenenti alla profasi ed all'inizio della metafasi. Se si vuole si può trovare anche qualche figura simile a quelle dell'anafasi ma si tratta di ravvicinamenti che si impongono assai meno.

Sta ad ogni modo il fatto che, prima che si iniziino gli altri processi della divisione indiretta, l'apparato reticolare si divide in segmenti uguali fra loro, e che, attraverso ad una serie di figure caratteristiche, esso si divide in due parti ciascuna delle quali costituisce l'apparato di Golgi di una delle due cellule figlie; e che,

[1] Per una completa esposizione sull'argomento mi rimando al lavoro recente di Golgi: *Di una minuta particolarità di struttura*, ecc. Archivio per le scienze mediche, vol. XXXIII.

[2] Per questa corrispondenza e per analogia colla parola cariocinesi da *δικτυον* ho chiamato dittocinesi il fenomeno e dittosomi le particelle in cui si divide l'apparato reticolare per il processo dittocinetico.

come ogni nucleo cellulare deriva dal nucleo della cellula madre così l'apparato reticolare proviene dall'apparato reticolare della cellula madre.

Certamente si affacciano, a proposito della dittocinesi, molte ed interessanti questioni, che già si sono poste ed in parte risolute per la cariocinesi e sulle quali bisogna attendere la luce da ulteriori studî e più specialmente: i dittosomi passano interi per metà numerica nell'una e nell'altra delle cellule figlie, oppure ciascun dittosoma, come avviene pel cromosoma, si divide in due parti destinate l'una all'una e l'altra all'altra delle cellule figlie? Quali sono le forze che determinano il movimento dei dittosomi; forze meccaniche o chemiotattiche? Questi movimenti sono attivi o passivi?

Riguardo alla prima questione rileverò soltanto che si possono sorprendere figure simili o che ricordano quelle di piastra equatoriale; si tratta però di una semplice impressione a cui non credo di poter dare valore.

Riguardo alla seconda mi trovo pure nella impossibilità di rispondere in qualsiasi modo; ricorderò a questo proposito che durante la figura di corona i condrosomi si dispongono radialmente a serie lineari fra i dittosomi e si presenta la questione se sia passiva la disposizione dei condrosomi e attiva quella dei dittosomi o viceversa.

Quali altre manifestazioni biologiche oltre a quelle che si collegano colla riproduzione cellulare sia capace di compiere l'apparato reticolare, io non potrei definire; certamente però esso è capace di un accrescimento che si può seguire assai bene nell'auxocito della paludina. Inoltre colpisce la variabilità di forma che esso assume negli spermatociti dei mammiferi, variabilità di forma che fa pensare ad un organo facilmente modificabile, e a manifestazioni vitali squisitamente attive.

Stanno a sostegno di questa idea anche i reperti sperimentali ottenuti da Marcora nelle cellule nervose.

Ho detto che l'apparato reticolare negli elementi sessuali dei mammiferi si presenta come un apparato abbastanza proteiforme (come risulta dalle figure); parrebbe che questo sia in contraddizione con quanto è noto fino ad oggi riguardo agli altri elementi. Ma tale contraddizione non si ha di fatto; basterà ricordare i reperti di Verson e von Bergen negli elementi linfatici, di Maccabruni nei megacariociti, infine confrontare le figure date da Pensa e da von Bergen riguardo alle cellule cartilaginee. Gli apparati descritti da questi due autori si corrispondono esattamente per la struttura, ma, mentre le figure di Pensa li rappresentano estese a tutto il corpo cellulare, quelli di von Bergen le rappresentano occupanti una piccola parte di esso.

Riguardo alla struttura anatomica dell'apparato reticolare, esso si presenta in genere come un sistema di filamenti intrecciati o anastomizzati e, durante la divisione, sotto forma di bastoncini arcuati, piccoli anelli, piccoli dischi; fra le quali forme definite, stanno parecchie forme di passaggio. E' notevole che qualche volta col metodo di Kopsch e quasi sempre colla reazione all'acido arsenioso i filamenti dell'apparato di Golgi e i dittosomi appaiono notevolmente più grossi, che non con la reazione nera e ordinariamente col Kopsch. Questo fatto potrebbe essere spiegato in tre modi: o ammettendo che i filamenti che costituiscono l'apparato reticolare siano costituiti da due sostanze delle quali l'una forma l'asse l'altra un rivestimento, o

ammettendo che quando i filamenti si presentano più grossi questo fatto sia dovuto alla precipitazione di determinate sostanze (sali d'argento ecc.) sui filamenti stessi; o infine che il fatto sia dovuto ai fissatori che li raggrinzino o li rigonfino; queste due ultime spiegazioni si comprendono meno facilmente per ciò che riguarda i risultati del metodo di Kopsch.

Sulla composizione chimica dei filamenti dell'apparato reticolare o su sostanze eventualmente in esso contenute nulla di preciso finora si può dire, per quanto talune reazioni facciano pensare alla presenza di lipoidi. Ricorderò la colorazione in nero tardiva coll'acido osmico e successiva azione dell'alcool e la colorazione vitale dei suoi residui nel nemasperma col « neutralroth ».

Riguardo ad eventuali rapporti con la centrosfera, questione già ampiamente discussa da Golgi, ricorderò le ricerche recenti di Maccabruni il quale nei megacariociti mise in evidenza l'apparato reticolare che si trova in situazione diversa (esoplasma) da quella in cui giacciono i centrosomi (endoplasma) e non vide alcun rapporto fra le due formazioni. Riguardo alla paludina, in cui gli elementi si prestano all'analisi dei rapporti, certamente esiste uno stretto rapporto topografico fra idiozoma e apparato reticolare, essendo l'uno intimamente intrecciato con l'altro. Ma io penso che l'idiozoma non corrisponda alla centrosfera, poichè il corpo da me descritto come probabile centrosoma, che si trova in tutt'altra posizione, ha tutte le proprietà ed il comportamento descritto come caratteristico del centrosoma.

Riguardo all'ipotesi che l'apparato di Golgi sia una rete canalicolare e corrispondente ai trofospongi, sostenuta da Holmgren e da Cajal, dopo la descrizione fatta in questo lavoro dei fatti biologici che si svolgono per parte dell'apparato reticolare stesso, non credo possa essere più nemmeno presa in considerazione.

Volendo determinare il significato dell'apparato di Golgi dopo quanto ci è noto, io credo di essere autorizzato ad affermare che *esso è una parte costitutiva della cellula, capace di manifestazioni vitali proprie, ben evidenti, vivaci e caratteristiche, nella quale prima che nel nucleo si inizia il processo della divisione cellulare.* Esso occupa senza dubbio un posto molto elevato nella fisiologia cellulare.

Una maggior luce sulla importanza e sul significato dell'apparato reticolare noi possiamo attendere ora specialmente da due ordini di studî. i quali si devono considerare di importanza capitale; lo studio della struttura dei protozoi e lo studio del suo comportamento nel processo di fecondazione.

Non posso metter fine alla trattazione del significato dell'apparato reticolare senza ricordare una ipotesi avanzata, non precisamente per tale apparato dall'Enriques nel suo lavoro sulla dualità nucleare degli infusorii e che si presenta veramente suggestiva.

Egli pensa che il macronucleo di questi esseri unicellulari corrisponda alle formazioni ergastoplasmatiche delle cellule dei metazoi.

Se non che, a parte l'identificazione col macronucleo, per ergastoplasma si sono descritte le formazioni più diverse.

Una simile ipotesi si presenta ora suggestiva per l'apparato reticolare; noi abbiamo veduto che esso durante la divisione della cellula si comporta presso a poco

come un nucleo; si hanno in sostanza due cariocinesi in parte successive in parte contemporanee come negli infusorii.

E certo si presenterebbe logica l'ipotesi che non esistano due tipi cellulari distinti, ma che il tipo sia unico e che nelle cellule dei metazoi una delle due individualità nucleari sia rappresentata dall'apparato di Golgi.

Io non insisterò su questa ipotesi, di fronte alla quale intendo mantenere per ora, una completa riserva.

Alcune considerazioni sulle forme di passaggio e sul tipo delle cellule spermatiche.

Dagli studii analitici di Retzius risulta il piano costante di organizzazione dei nemaspermi secondo un tipo unico in tutte le specie animali, per quanto la loro forma offra differenze notevolissime. Queste mie ricerche che descrivono particolarità di struttura analoghe in animali molto lontani nella scala zoologica aggiungono nuovi dati di valore non trascurabile nello stesso indirizzo.

Nelle mie ricerche mi è avvenuto in parecchi casi di stabilire l'esistenza di talune particolarità di struttura che erano note riguardo ad altri nemaspermi e non descritte o negate riguardo a quelli da me presi in considerazione; tale fatto era poi considerato come esponente di una diversa organizzazione; così per il filamento elicoidale dei nemaspermi della paludina. Così ho pure potuto mettere in evidenza un filamento elico-spirale della testa dei nemaspermi nella paludina e nei mammiferi mentre contemporaneamente Retzius lo scopriva nei rettili, negli uccelli e in altri animali. Ho potuto mettere in evidenza nei mammiferi e nella paludina l'apparato reticolare interno e dimostrare per quanto mi è stato dato di seguirlo nei primi, un comportamento analogo. Finalmente ho messo in evidenza anche nello spermatide dei mammiferi una categoria di formazioni che si comportano come i condrosomi di Meves nella paludina, costituendo il caratteristico fascio che si dispone a costituire l'asse dell'elemento.

Ma il fatto che ho voluto rilevare già in una Nota preventiva è anche maggiormente notevole; esso si riassume nella dimostrazione che anche forme notevolmente diverse di serie spermatiche e appartenenti ad organismi molto lontani per organizzazione quali sono quella dei molluschi e dei mammiferi possono attraversare stadii in cui sono perfettamente ravvicinabili (spermatide grande della paludina, spermatide del ratto e del coniglio) e che qualche volta accade di trovare nell'evoluzione di un determinato nemasperma, nel mio caso il piccolo nemasperma della paludina, forme molto vicine o pressochè esattamente corrispondenti ai nemaspermi completi appartenenti ad altri esseri di organizzazione simile, notevolmente inferiore o talvolta anche superiore, così nel mio caso delle fucacee, dei vermi, degli echinodermi, degli antozoi, di altri molluschi, dei cordati. A questo proposito basterà confrontare le mie figure con quelle di Retzius riferentisi a questi animali.

Io non credo di dover spendere parole per rilevare l'importanza dottrinale di questi fatti.

CONCLUSIONI GENERALI.

1) L'apparato reticolare di Golgi e i mitocondri sono formazioni distinte e possono esistere contemporaneamente nella cellula.

2) Nelle cellule spermatiche si possono distinguere due categorie di formazioni mitocondriali la cui evoluzione ed il cui destino finale sono diversi, a queste due formazioni ho dato rispettivamente il nome di condrosomi di Meves e di mitocondri di Benda.

3) L'apparato reticolare di Golgi è una parte costitutiva della cellula, dotata di attività vitali proprie, squisitamente vivaci e caratteristiche.

4) L'apparato reticolare di Golgi, durante il processo di riproduzione cellulare, si divide in modo determinato, e, attraverso a figure caratteristiche, arriva a dar luogo ai due apparati reticolari delle due cellule figlie. A questo complicato fenomeno ho dato il nome di *dittocinesi.*

5) L'apparato di Golgi tra le parti costitutive della cellula è il primo a dare il segno della divisione cellulare; le prime fasi della dittocinesi si compiono quando il nucleo è ancora a riposo.

6) Tutte le ipotesi avanzate fino ad oggi sul significato dell'apparato reticolare, in seguito ai reperti esposti, devono ritenersi come assolutamente erronee.

7) Le formazioni mitocondriali non possono essere ritenute come esattamente corrispondenti ai « bioblasti » di Altmann o alla « filarmasse » di Flemming. Il loro comportamento non dà fondamento alcuno alle teorie granulari. La funzione loro attribuita di portatrici dei caratteri ereditarii, le ipotesi circa il loro significato e la loro destinazione finale, hanno finora scarso fondamento nei fatti.

8) Le cellule spermatiche di animali delle più diverse organizzazioni (e per lo meno anche delle fucacee tra i vegetali) hanno un tipo di organizzazione unico, che si rivela chiaramente sia nelle forme definitive, sia nelle forme di passaggio degli spermii, che possono corrispondere esattamente alle forme definitive di altri esseri.

BIBLIOGRAFIA

1. ALTMANN. Die Elementarorganismen ecc. Leipzig, 1890-1894.
2. ANCEL. Arch. de Biol. T. XIX, 1902.
3. ID. Comptes R. de la Soc. de Biol. T. LIV.
4. ARNOLD. VIRCHOWS. Arch. B. 161.
5. ID. Münch. Med. Woch. 1902.
6. ID. Beiträge zur Path. Anat. 1905.
7. ID. Arch f. mikr. Anat. Bd. 65.
8. ID. VIRCHOWS. Arch. Bd. 196.
9. ID. Anat. Anz. Bd. 31.
10. BALLOWITZ. Arch. f. mikr. Anat. 1900.
11. ID. Anat. Anz. 1900.
12. BENDA. Verh. d. phys. Ges. zu Berlin, 1896-97.
13. ID. Verh. d. Anat. Ges. in Kiel, 1898.
14. ID. Verh. d. phys. Ges. zu Berlin, 1897-98.
15. ID. » 1898-99.
16. ID. » 1899-900.
17. ID. Ergebnisse der Anat. und Entwicklungsgesch. Bd. 13, 1902.
18. BETHE. Anat. Anz. Bd. XVII.
19. BÉNÉDEN (van). Arch. de Biol. T. IV.
20. ID et JULIN. Bull. de l'Acad. de Belgique, 1887
21. v. BERGEN. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXIV.
22. BIZZOZZERO e BOTTESELLE. Arch. Scienze Med., 1909
23. BOLLES LEE. La Cellule. T. XX, 1902.
24. BOUIN. Bibliogr. Anat. 1899.
25. ID. » 1901.
26. BOVERI. Zellen studien. Heft 6, 1907.
27. BROMAN. Anat. Anz., 1900.
28. BRUGNATELLI. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1908.
29. BRUNN (von). Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXIII.
30. BUETSCHLI. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXI.
31. CONKLIN. Biol. Bull. Vol. 8.
32. CRAMPTON. Arch. f. Entwicklungsmek. Bd. 3.
33. CZERMET. Gesammelte Abhand. Bd. III.
34. DANGEARD. Botaniste, 1901.
35. DRIESCH. Arch. f. Entwicklungsmek. Bd. 4.
36. ID. » Bd. 7.
37. ID. » Bd. 16.
38. ID. Ergebnisse d. Anat. u. Ent. Bd. 14.
39. DUESBERG. Anat. Anz. Bd. XXVII.
40. ID. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 71.
41. FICK. Anat. Anz. Bd. 7.
42. ENRIQUES. Biologica. Vol. I, 1907.
43. FISCHEL. Verhand. der Pathol. Gesell., 1902.
44. ID. Arch. der Entwicklungsmek. Bd. 15.

45. Flemming. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XX.
46. Id. Biol. Zentrallblatt. Bd. III.
47. Id. Festschr. of R. Virchow, 1891.
48. Id. Zeitschrift f. Biol. Bd. XXXIV.
49. Id. Verh. der Anat. Gesell. 1899.
50. Fol. Anat. Anz. Bd. 6.
51. Frenzel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXVII.
52. Fusari. Giorn. dell'Acc. Med. di Torino, 1909.
53. Garnier. Travail du laboratoire d'Histologie de Nancy, 1909.
54. Gemelli. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1900.
55. Holmgreen. Anat. Anz. Bd. XV-XVI-XVII-XVIII-XX-XXI.
56. Id. Anat. Hefte. Bd. XII-XV-XVIII-XXV.
57. Id. Arch. f. mikr. Anat. Bd. L-LXXI.
58. Golgi. Bollettino Soc. Med. Chir. Pavia, 1898.
59. Id. Arch. Italien. de Biol. T. 30, fasc. 1.
60. Id. Boll. Soc. Med. Pavia, 1898.
61. Id. Arch. It. de Biol., fasc. 2.
62. Id. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1900.
63. Id. Cinquantenaire de la Soc. de Biol., 1899.
64. Id. Verhandl. der Anat. Gesell. Pavia, 1900.
65. Id. Boll. Soc. Med. Pavia, 1908.
66. Id. Arch. It. de Biol., 1908.
67. Id. Archivio per le Scienze mediche, 1909.
68. Id. Arch. It. de Biol., 1909.
69. Id. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1909.
70. Goldschmidt. Zool. Jahrb. Vol. XXI.
71. Id. Arch. f. Protistenkunde. Bd. V.
72. Heidenhain. Anat. Anz. Bd. XVIII.
73. Id. Plasma und Zelle. Jena, 1907.
74. Held. Neurol. Zentralbl. Jahrg. 24.
75. Henking. Zeitschr. f. Wiss. Zool. Bd. LI.
76. Hermann. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXXIV.
77. Id. » Bd. XXXVII.
78. Hertwig. Morph. Jahrb. Bd. 1.
79. Id. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. 18.
80. Id. Die Zelle und die Gewebe, 1893.
81. Id. Die Zelle und die Allgemeine Biologie, 1906.
82. Hertwig R. Arch. f. Protistenkunde. Vol. 1.
83. Id. Festschrift f. Haeckel. Jena, 1904.
84. Hollander (d'). Bibliogr. Anat. Tom. 13.
85. Koellikrr. Zeitschr. f. Wiss. Zool. Bd. XLII.
86. Koltzoff. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXVII.
87. Kopsch. Sitzungsb. d. K. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Bd. XL.
88. Korff (von). Arch. f. mikr. Anat. Bd. LIV.
89. Kostanecki und Wierzejski. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLVII.
90. Landsteiner. Zieglers Beiträge, 1903.
91. Lenossek. A. f. mikr. Anat. Bd. LI
92. Levi. Monit. Zool. It., 1907.
93. Loeb. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 99.
94. Id. Vorlesungen über die Dynamik der Lebenscheinungen, 1906.
95. Leisel. C. R. Soc. de Biol., 1901.
96. Id. Journ. de la Phys. e de l'Anatom. Tom. XXXVII.

97. LEISEL. Journ. de la Phys. e de l'Anaiom. Tom. XXXVIII.
98. MARENGHI. Memorie R. Istit. Lombardo Sc. e lett., 1903.
99. MACCABRUNI. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1909.
100. METYNER. Arch. f. Anat. und Phys., 1894.
101. MARCORA. Boll. Soc. Med. Chir., 1908.
102. ID. » 1909.
103. ID. Anat. Anz., 1909.
104. MEVES. Arch. f. mikr. Anat. Bd. L.
105. ID. » Bd. LIV.
106. ID. » Bd. LVI.
107. ID. » Bd. LXI.
108. ID. » Bd. LXX.
109. ID. » Bd. LXXII.
110. ID. Verh. der Anat. Ges. in Kiel, 1898.
111. ID. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 22.
112. ID. Anat. Anz. Bd. 31.
113. MEVES e DUESBEG. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXXI.
114. MORIANI. Atti R. Acc. Fisiocritici. Siena, 1901.
115. ID. Zieglers Beiträge. Vol. XXXV.
116. MICHAELIS. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLVIII.
117. MUNK. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IX.
118. NEGRI. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1899.
119. ID. Verhand. Anat. Gesell. in Pavia, 1900.
120. NIESSING. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLVIII.
121. NUSSBAUM. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXIII.
122. ID. » Bd. XXVI.
123. PENSA. Boll. Soc. Med. Chir., 1899.
124. ID. » 1901.
125. PERRONCITO. Boll. Ist. Lomb. Scienze e Lettere, 1908.
126. ID. » 1909.
127. ID. Atti della VI Riun. Soc. It. di Patologia. Modena, 1909.
128. PLATNER. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXV.
129. POPOFF. Anat. Anz. Bd. XXIX.
130. ID. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXX.
131. POPOFF und GOLDSCHMIDT. Arch. f. Protistenkunde. Bd. VIII.
132. PRÉNANT. La Cellule. T. III.
133. ID. » T. IV.
134. ID. Journal de l'Anat. et de la Physiol. T. XXXV.
135. RAMON Y CAJAL. Trabajos de investigaciones biologicas. Travaux d'Inv. Biologiques, 1903-1904-1906-1907-1908.
136. RAMON Y CAJAL Trattato sul Sistema Nervoso (in corso di stampa).
137. REINKE. A. f. mikr. Anat. Bd. XLIII.
138. RETZIUS. Biologische Untersuchungen. Bd. X-XI-XII-XIII-XIV.
139. RIQUIER. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1909.
140. RUSSO. Atti R. Acc. dei Lincei, Roma, 1906.
141. ID. » 1907.
142. ID. Boll. Acc. Gioenia di Catania, 1908.
143. ID, Atti Acc. Gioenia di Catania, ser. 5ª, vol. II.
144. SANGIORGI. Giorn. dell'Acc. di Med. di Torino, 1909.
145. SCHÖNFELD. Arch. de Biol. T. XVIII.
146. ID. C. R. de l'Ass. des Anatomistes. V Sess., 1903.
147. SJÖWALL. Anat. Anz. Bd. XXVIII.

148. SMIRNOW (von). Anat. Hefte. Bd. 32.
149. SOMER (de). Ann. de la Soc. Med. de Gand. Vol. 85.
150. STRASSBURGER. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 44.
151. ID. » Bd. 45.
152. SUCKANOFF. Revue Neurologique, 1902.
153. ID. Nevraxe. Vol. IV.
154. VAN DER STRICHT. C. R. de l'Assoc. des Anatomistes, 1902.
155. ID. Verhand. d. Anat. Ges. Jena, 1904.
156. ID. Arch. de Biol. T. XXI.
157. ID. Verhand. d. Anat. Ges. Genf., 1905.
158. TISCHLER. Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. 42.
159. TRINCI. Arch. Anat. ed Embriol. Vol. V.
160. VALETTE. (v. la) ST. GEORGE. Arch. f. mikr Anat. Bd. III.
161. ID. » Bd. X.
162. ID. » Bd. XII.
163. ID. » Bd. XXV.
164. ID. » Bd. XXVII.
165. ID. » Bd. XXVIII.
166. ID. » Bd. L.
167. WASSILIEFF. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXX.
168. WALDEYER. Ver. der Anat. Ges. Leipzig., 1887.
169. ID. Deutsche Med. Woch., 1895.
170. ID. Ver. der Anat. Ges. Göttingen, 1893.
171. ID. Die Geschlechtzellen, nel Trattato di Embriologia di Hertwig, 1903.
172. VECCHI. Boll. Soc. Med. Chir. Pavia, 1909.
173. VERATTI. Anat. Anz. Vol. XV.
174. ID. Boll. Soc. Med. Chir., 1909.
175. ID. Atti della VI riunione della Soc. It. di Patologia. Modena, 1909.
176. ID. Memorie Istituto Lombardo Sc. e Lett., 1902.
177. VERSON J. Arch. per le Scienze Mediche. Vol. XXXII.
178. WEISSMANN. Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung, 1885.
179. ZACHARIAS. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXX.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE DELLE TAVOLE

Fig. 1. — Forme giovanissime di spermatociti. Metodo Golgi all'acido arsenioso. Condrosomi di Meves. Obb. 2 mm. apocr. Zeiss. oc. 18 comp.

Fig. 2. — Id. id., forme di poco più avanzate.

Fig. 3. — Id. e colorazione secondo la modif. Veratti. Forma più avanzata. 2 mm., 12 comp.

Fig. 4. — Metodo Golgi acido arsenioso. Spermatocito di sviluppo più avanzato. 2 mm , 12 comp.

Fig. 5. — Spermatocito della serie oligopirene. Hermann, ematoss. ferrica. Obb. 2 mm. Zeiss, oc. 12. comp.

Fig. 6. — Id. Sublimato acetico, em. ferr. Obb. 2 mm. Zeiss, oc. 12 comp.

Fig. 7. — Id. Metodo Golgi all'acido arsenico. Corpicciuolo che si comporta caratteristicamente come un centrosoma. 2 mm., 18 comp.

Fig. 8. — Id. id., divisione dello stesso. 2 mm., 12 comp.

Fig. 9. — Id. Fissativo Benda-Meves, em. ferr. Apparato di Golgi incompletamente colorato. 2 mm., 12 comp.

Fig. 10. — Metodo Golgi all'acido arsenioso. Spermatociti giovani. Apparato reticolare di Golgi. Obb. 2 mm.., oc. 12 comp.

Fig. 11. — Reazione nera. Sperm. a sviluppo più avanzato. Apparato di Golgi. Obb. 2 mm.. oc. 12 comp.

Fig. 12. — Reazione nera. Sperm. a sviluppo pressochè completo. Apparato di Golgi. 2 mm., 12 comp.

Fig. 13. — Metodo di Kopsch. Sperm. a sviluppo quasi completo. Apparato di Golgi. 2 mm., 8 comp.

Fig. 14. — Spermatocito. Metodo Golgi all'acido arsenioso. Condrosomi di Meves. (Di una cellula è stato ritratto il piano superficiale). 2 mm., 18 comp.

Fig. 15. — Id. Metodo Golgi all'acido arsenioso. Condrosomi di Meves. Obb. 2 mm., oc. 12 comp.

Fig. 16. — Id. Metodo Golgi all'acido arsenioso. Condrosomi di Meves. Obb. 2 mm., oc. 12 comp.

Fig. 17. — Id. id., a sviluppo più avanzato.

Fig. 18. — Id. id., Centrosoma, condrosomi di Meves e app. di Golgi, contemporaneamente colorati. 2 mm., 13 comp.

Fig. 19. — Id. Reazione nera. Segmentazione dell'app. di Golgi. Obb. 2 mm., oc. 12 comp.

Fig. 20. — Id. id. Metodo di Kopsch.

Fig. 21. — Id. Metodo di Kopsch. Avviamento alla disposizione a corona. Obb. 2 mm., oc. 12 comp.

Fig. 22. — Id. Metodo Kopsch. Forma immediatamente precedente alla corona. 2 mm., 12 com.

Fig. 23. — Id. Reazione nera. Segmentazione dell'app. di Golgi e corona. 2 mm. 12 comp.

Fig. 24. — Id. Metodo Golgi all'acido arsenioso. Segmentazione dell'apparato di Golgi e corona. 2 mm., 12 comp.

Fig. 25. — Id. id. Colorazione contemporanea del nucleo, dei dittosomi e dei condrosomi. 2 mm., 12 comp.

Fig. 26. — Id. Metodo Kopsch. Forma immediatamente seguente alla corona. 2 mm., 12 comp.

Fig. 27. — Id. Metodo Kopsch. Divisione dei dittosomi in due masse che si avviano ai poli opposti della cellula. 2 mm., 12 comp.

Fig. 28. — Id. Met. Golgi all'ac. ars. Disposizione raggiata dei condrosomi. Stadio corrispondente alle figure 21-24. 2 mm., 12 comp.

Fig. 29. — Met. Golgi all'ac. ars. Condrosomi sparsi pel protoplasma. 2 mm., 18 comp.

FIG. 30. — Met. Golgi all'ac. ars. Condrosomi di Meves disposti irregolarmente. Stadio corrispondente alla fig. 27. 2 mm., 12 comp.

FIG. 31. — Flemmîng. Emat. ferr. Cariocinesi dello spermatocito di primo ordine. 2 mm., 12 comp.

FIG. 32. — Metodo Kopsch. Stadio identico alla fig. 31. Dittosomi ai poli della cellula in divisione; taluni si fondono, già tendendo a ricostituire l'apparato reticolare interno. 2 mm., I2 comp.

FIG. 33. — Met. Golgi all'ac. ars. Spermatocito di primo ordine in cariocinesi: colorazione contemporanea dei cromosomi e dei dittosomi. 2 mm., 8 comp.

FIG. 34. — Met. Golgi all'ac. ars. Spermatocito di secondo ordine: centrosoma (?). 2 mm., 8 comp.

FIG. 35. — Id. Apparato di Golgi. 2 mm., 8 comp.

FIG. 36. — Reazione nera. Spermatocito di secondo ordine. Dittosomi sparsi nel corpo cellulare. 2 mm., 12 comp.

FIG. 37. — Met. Golgi all'ac. ars. Spermatocito di secondo ordine. Condrosomi di Meves. 2 mm., 12 comp.

FIG. 38. -- Spermatide oligopirene. Metodo Kopsch. Dittosomi sparsi nel corpo cellulare. 2 mm., 12 comp.

FIG. 39. — Id. id. Forme progressive di ricostituzione dell'apparato di Golgi. 2 mm., 12 comp.

FIG. 40. — Id. id. Ricostituzione completa dell'app. di Golgi.

FIG. 41. — Reazione nera. Gruppo di spermatidi. Dittosomi sparsi, e diversi stadii di ricostituzione dell'app. di Golgi. 2 mm., 12 comp.

FIG. 42. — Id. Met. Golgi all'ac. ars. Ricostruzione dell'app. di Golgi. Formazione del cappuccio. 2 mm., 12 comp.

FIG. 43. — Id. Metodo Golgi all'ac. ars. Condrosomi di Meves. 2 mm., 12 comp.

FIG. 44. — Id. Metodo Golgi all'ac. ars. Condrosomi di Meves. 2 mm., 12 comp.

FIG. 45. — Id. Stadio successivo.

FIG. 46. — Id. Stadio successivo.

FIG. 47. — Id. Stadio successivo.

FIG. 48. — Id. Met. Golgi all'ac. ars. Condrosomi di Meves. (Stadio corrispondente alla fig. 40).

FIG. 49. — Id. Met. Golgi all'ac. ars. Apparato reticolare durante la trasformazione in nemasperma. 2 mm., 12 comp.

FIG. 50. — Id. Met. Kopsch. App. ret. int. 2 mm., 12 comp.

FIG. 51. — Id. Stadio successivo. Inizio della nuova scomposizione dell'app. Golgi. 2 mm., 12 comp.

FIG. 52. — Met. Kopsch. App. ret. scomposto in dittosomi durante la trasformazione in nemasperma. 2 mm., 12 comp.

FIG. 53. — Id. id. (Stadio successivo corrispondente alla fig. 2).

FIG. 54. — Sublimato acetico, emat. ferr. Mitocondrî di Benda. Fomazione del filamento elicoidale 2 mm., 12 comp.

FIG. 55. — Spermatocito oligopirene-Hermann. Emat. ferr. Formazione di vescicole per parte del nucleo, che si sequestrano nel protoplasma. 2 mm., 12 comp.

FIG. 56. — Flemming. Saffranina, id. id.

FIG. 57. — Sublimanto acetico, emat. ferr., id. id.

FIG. 58. — Id. Metodo Golgi all'ac. ars. Apparente fuoruscita di sostanze dal nucleo nel protoplasma. 2 mm., 12 comp.

FIG 59. — Spermatocito eupirene, di primo ordine. Metodo Golgi all'ac. ars. App. ret. int. 2 mm., 12 comp.

FIG. 60. — Id. Met. Golgi. Divisione in dittosomi dell'app. di Golgi e forma immediatamente successiva alla corona. 2 mm., 12 comp.

FIG. 61. — Id. Scomposizione dell'app. ret. in diversi momenti, e disposizione a corona.

FIG. 62. — Id. id. Condrosomi di Meves. (Stadio identico alla fig. 59).

FIG. 63. — Stadio successivo alla fig. 6 1.

FIG. 64. — Piccolo spermatocito di primo ordine. Met. Golgi all'ac. ars. App. ret. int. segmentato (?). 2 mm., 12 comp.

FIG. 65. — Id. Processo cariocinetico del piccolo spermatocito di primo ordine. Tetradi cromatiche e dittosomi (?).

FIG. 66. — Id. Dittosomi (?). 2 mm., 12 comp.
FIG. 67. — Id. Condrosomi (?) 2 mm., 12 comp.
FIG. 68. — Id. Condrosomi (?). 2 mm., 12 comp.
FIG. 69. — Spermatocito eupirene di secondo ordine. Met. Golgi all'ac. ars. Forme di ricostituzione dell'app. ret. 2 mm., 12 comp.
FIG. 70. — Spermatocito di secondo ordine. Met. Golgi all'ac. ars. Forme di ricomposizione dell'app. ret. 2 mm., 12 comp.
FIG. 71. — Id. App. di Golgi ricostruito, e corona. 2 mm., 12 comp.
FIG. 72. — Met. Golgi all'ac. ars. Divisione dello spermatocito di secondo ordine. Anafasi. App. ret. 2 mm., 12 comp.
FIG. 73. — Met. Golgi all'ac. ars. Piccolo spermatide. App. ret. 2 mm., 12 comp.
FIG. 74. — Id. id. Trasformazione in nemasperma.
FIG. 75. — Id. Stadii successivi.
FIG. 76. — Id. stadii successivi.
FIG. 77. — Met. Golgi all'ac. ars. Formazioni mitocondriali nel piccolo spermatide. 2 mm,. 12 comp.
FIG. 78. — Id. Stadio successivo.
FIG. 79. — Id. Stadio successivo.
FIG. 80. — Reazione nera. Filamento elicoidale nel piccolo spermatide. 2 mm., 18 comp.
FIG. 81. — Reazione nera. Filamento elico-spirale della testa del piccolo spermatide. 2 mm., 18 comp.
FIG. 82. — Id. id.
FIG. 83. — Metodo Golgi all'ac. ars. Cavia. Cellula di Sertoli. App. ret. 2 mm., 12 comp.
FIG. 84. — Met. Golgi all'ac. ars. Coniglio. Spermatogonii. Apparato reticolare. 2 mm., 12 comp.
FIG. 85. — Met. Golgi all'ac. ars. Spermatocito di primo ordine, di coniglio. App. ret. 2 mm., 12 comp.
FIG. 86. — Id. id.
FIG. 87. — Metodo Golgi all'ac. ars. Spermatidi del coniglio. App. ret. 2 mm., 12 comp.
FIG. 88. — Met. Golgi all'ac. ars. App. ret. in uno spermatocito e due spermatidi del gatto.
FIG. 89. — Met. Golgi all'ac. ars. Spermatidi del gatto. App. ret. e sua divisione. 2 mm., 18 comp.
FIG. 90. — Id. id. Dittosomi (?). 2 mm., 18 comp.
FIG. 91. — Met. Golgi all'ac. ars. Spermatocito di primo ordine del ratto. App. ret. e lo stesso in scomposizione (?). 2 mm., 12 comp.
FIG. 92. — Id. Spermatidi App. ret. e condrosomi di Meves. 2 mm., 18 comp.
FIG. 93. — Id. Spermatide trasformantesi in nemasperma. Condrosomi di Meves. 2 mm., 18 comp.
FIG. 94. — Metodo Golgi modificato. Condrosomi di Meves. Dittosomi (?) e filamento elico-spirale della testa in uno spermatide di coniglio trasformantesi in nemasperma. 2 mm., 18 comp.
FIG. 95. — Id. Filamento elico-spirale della testa. 2 mm., 18 comp.
FIG. 96. — Met. Golgi all'ac. ars. Nemaspermi di coniglio. 2 mm., 18 comp.
FIG. 97. — Id. Condrosomi di Meves. 2 mm., 18 comp.

N.B. — Tutte le figure sono state riprodotte direttamente dai preparati con la camera chiara. Quasi tutte sono state ridotte a un terzo con la macchina da riduzione per litografia.

Esse, dal n. 1 al 58, si riferiscono alla serie oligopirene della paludina vivipara; dal n. 58 al n. 82, alla serie eupirene dello stesso animale; le successive, ai mammiferi.

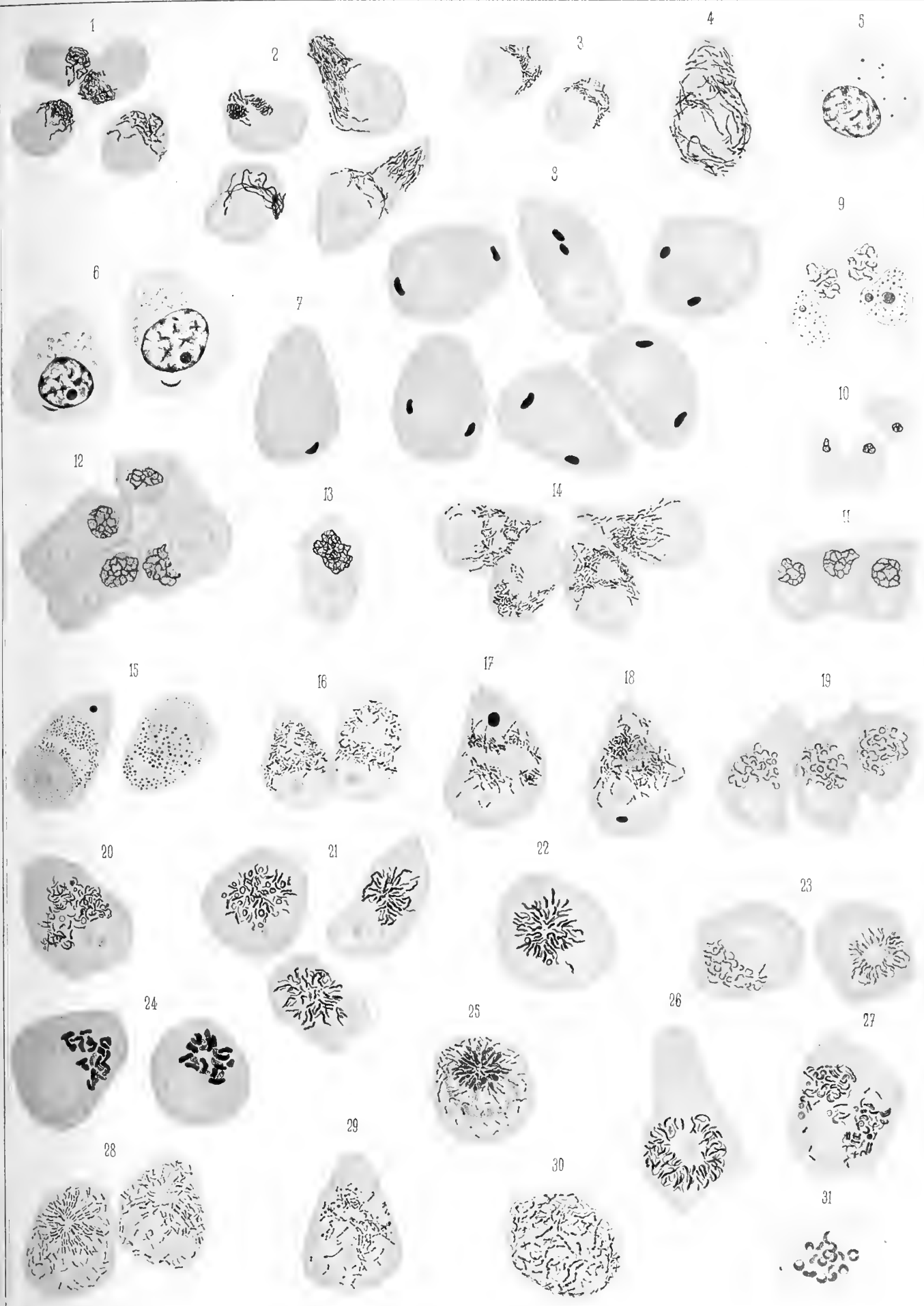
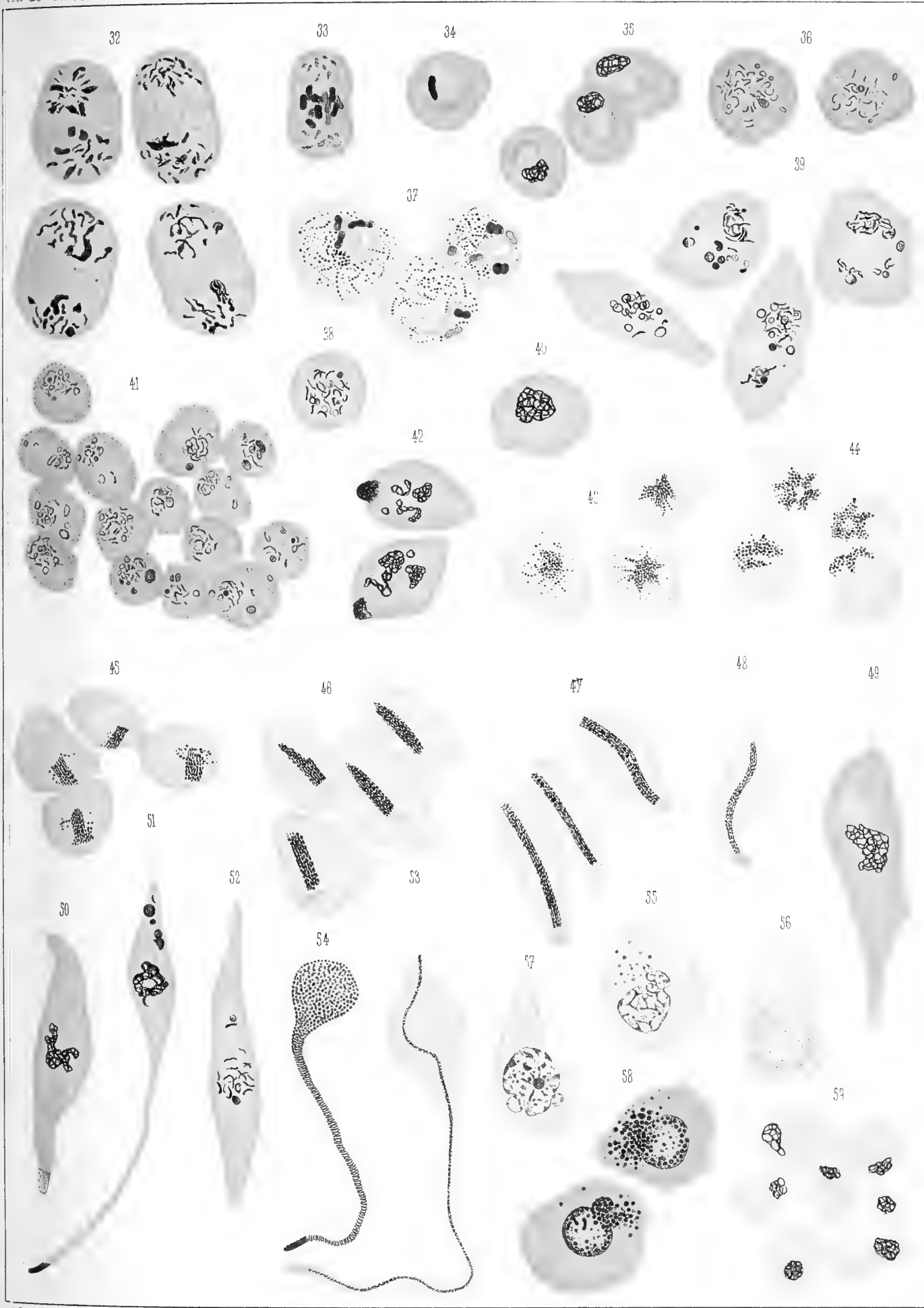
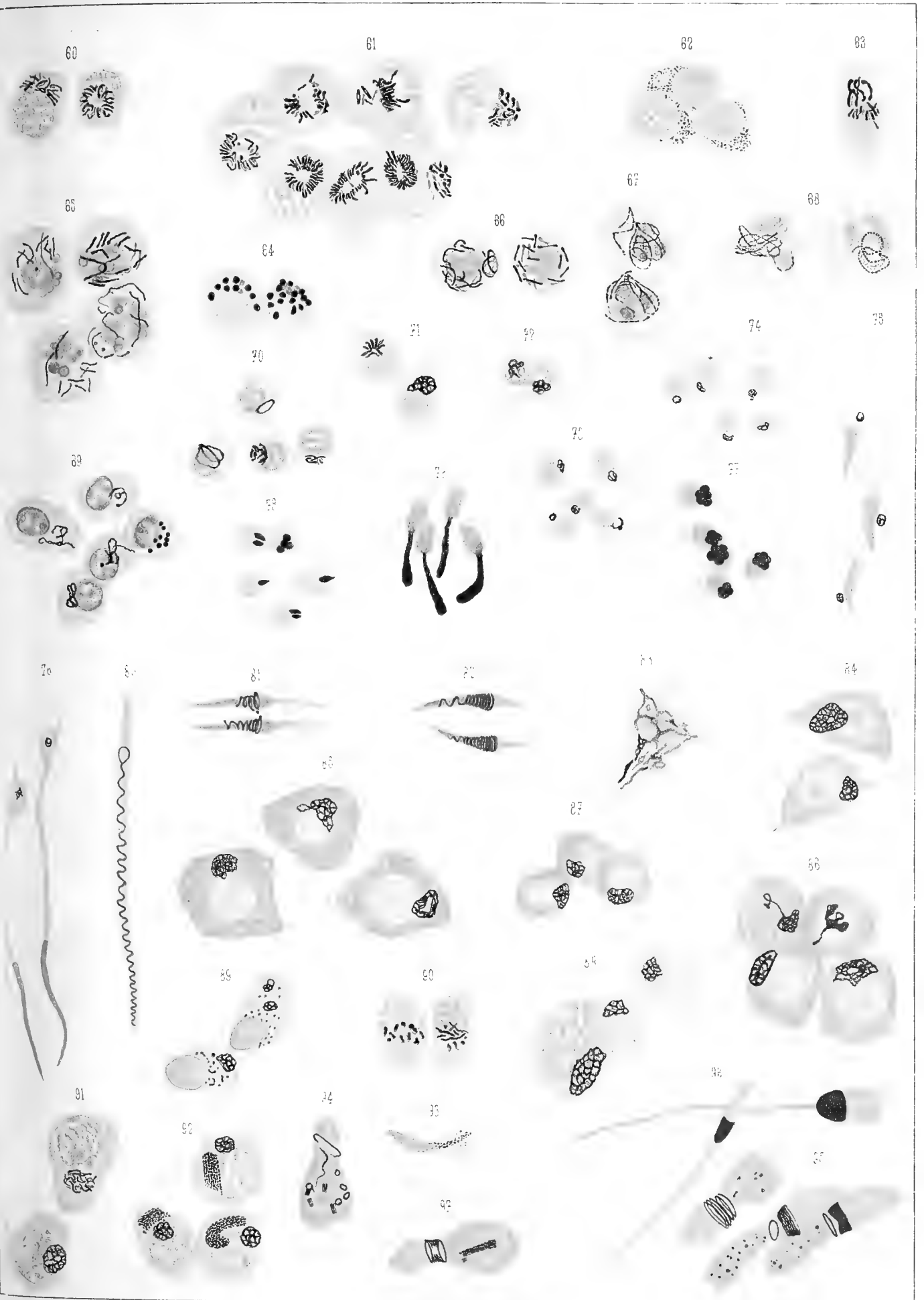
Perroncito dis.

Lit. Tacchinardi e Ferrari - Pavia

Perroncito dis.

Lit. Tacchinardi e Ferrari - Pavia

A. Perroncito dis.

Lit. Bacchiarelli e Rosati-Pavia

RELAZIONE

della Commissione incaricata di riferire sulla Memoria del prof. Lo Monaco, avente per titolo: *Sulla fisiologia di alcune delle parti più interne e meno aggredibili del cervello*. Commissari i Soci dell'Accademia, professori B. Grassi, L. Luciani, e A. Stefani, relatore.

Nella Memoria presentata dal prof. Lo Monaco: *Sulla fisiologia di alcune delle parti più interne e meno aggredibili del cervello*, si possono distinguere due parti.

Una parte storico-critica nella quale l'autore riferisce sui lavori sperimentali e sulle numerose dottrine che fino ad ora sono state formulate a proposito del corpo calloso, della superficie interna del cervello, dei talami ottici, del nucleo caudato, del nucleo lenticolare, dell'ipofisi e della bandelletta ottica. A noi pare che l'A. abbia dimostrato in questa rivista critica, non solo una profonda conoscenza di questi vasti campi della Fisiologia, ma anche un giusto senso del significato che alle singole anteriori osservazioni era da attribuirsi, rilevando volta a volta i difetti o le ingiuste interpretazioni che ne erano state date.

Nella seconda parte possiamo comprendere i numerosi ed importanti contributi originali che l'autore porta a tutti gli argomenti ricordati, contributi che non si limitano ad illuminare punti oscuri nella Fisiologia di detti organi, ma che (per studî accurati sulle degenerazioni consecutive all'estirpazione dei talami ottici, al taglio del corpo calloso, ecc.) costituiscono pure un valido sussidio nello studio delle loro connessioni anatomiche.

L'autore ha potuto conseguire i suoi fortunati risultati, alcuni dei quali, dopo essere stati per molto tempo contraddetti o discussi, hanno ora ricevuto il consenso anche da parte dei primitivi avversarî, per l'introduzione di un metodo operativo di sua ideazione.

Noi crediamo quindi che la Memoria presentata dall'autore sia degna di venire pubblicata negli Atti della nostra Accademia.

Sulla fisiologia di alcune delle parti più interne e meno aggredibili del cervello.

Memoria del prof. DOMENICO LO MONACO

(con cinque tavole)

I.

Introduzione.

Da molto tempo era nostra intenzione di riunire insieme tutte le ricerche da noi in più anni pubblicate su argomenti di sistema nervoso. Queste ricerche riguardano la funzione di organi fra loro differenti, in modo che nessun legame può a prima vista renderli suscettibili di essere insieme trattati. Di comune però esse hanno il metodo operatorio per mezzo del quale questi organi sono stati aggrediti. Senza di esso nessuna ricerca, di quelle che sottoporremo al giudizio del lettore, avremmo potuto intraprendere. Però col nostro metodo, di cui sin d'ora possiamo brevemente dire che consiste nella legatura del seno longitudinale e nel consecutivo taglio di esso e della gran falce del cervello, possono ancora essere studiate altre parti la cui funzione ancora ci è del tutto ignota o quasi. Di modo che si può affermare che tutto quello che abbiamo studiato non rappresenta lo sfruttamento del metodo già brevemente accennato: metodo che, potendo essere utilizzato per numerosissimi studi, può giustamente essere considerato come generale.

Le ricerche che esporremo in tanti capitoli separati sono, come abbiamo detto, concatenate fra loro mercè questo metodo operatorio. Fu appunto l'avere esteso la breccia cranica sulla regione del seno longitudinale superiore ciò che ci spinse alla legatura di esso, e a ricercare le possibli conseguenze sulle funzioni cerebrali. E fu appunto l'aver constatato l'assenza di disturbi, ciò che ci spinse a tagliare il seno longitudinale superiore insieme alla gran falce del cervello, la qual cosa ci fece intravedere una nuova via per lo studio delle parti inferiori ed interne del sistema nervoso centrale. Infatti il taglio della gran falce del cervello ci permise di poter divaricare la fessura interemisferica e di vedere la grande commessura del cervello cioè il corpo calloso, il quale in questo modo facilmente si rese aggredibile e fu da noi tagliato longitudinalmente in tutta la sua lunghezza. L'assenza poi di fenomeni di deficienza

dopo il taglio del corpo calloso ci facilitò lo studio della fisiologia dei grandi nuclei del cervello che fu preceduto da quello della superficie interna del cervello il quale, mercè il nuovo metodo operatorio, potè farsi in modo più completo di quello che finora era stato da altri intrapreso.

Tra i grandi nuclei del cervello quello che più attrasse la nostra attenzione e quello su cui più lavorammo fu il talamo ottico, il quale, come vedremo, venne asportato sia *in toto* che nelle sue varie parti. Non trascurammo però di studiare anche il nucleo caudato, ed il nucleo lenticolare, per l'asportazione del quale non fu necessaria l'utilizzazione del nostro metodo operatorio. Di esso invece ci servimmo per asportare l'ipofisi del cervello e per tagliare la bandelletta ottica.

Abbiamo così in breve accennato tutti gli organi che sono stati da noi aggrediti e l'ordine delle nostre ricerche. Il metodo però, come dicemmo, permette lo studio di moltissime altre parti del cervello le cui asportazioni (per lo meno di una parte di esse) avevamo intenzione di intraprendere, se in questi ultimi anni altri argomenti più vicini al nostro insegnamento, e d'altra parte la mancanza di mezzi, non ci avessero obbligato a rimandarne l'attuazione. Intendiamo con ciò di non rinunziare al proposito di continuare queste interessantissime ricerche, le quali non sono, come alcuni vorrebbero far credere, argomenti di vecchia fisiologia. Tra gli organi che possono studiarsi col nostro metodo operatorio e di cui noi avevamo intenzione di intraprendere la ricerca, sono i tubercoli quadrigemini, l'epifisi, la regione subtalamica, il chiasma ecc. Di qualcuno di questi organi è stato già iniziato lo studio e i risultati con molta probabilità verranno presto pubblicati.

Da quello che abbiamo brevemente esposto, risulta evidente la giustificazione del titolo di questa nostra pubblicazione. Nella trattazione dei vari argomenti seguiremo l'ordine logico già da noi suddetto, cominciando dalla descrizione del metodo operativo. Esporremo i risultati nel modo più breve e più chiaro che sia possibile e da essi trarremo le deduzioni più facili, evitando di formulare teorie che non hanno corrispondenza nei fatti osservati e che spesso sono frutto di immaginazione.

II.

Dei metodi operatori per le indagini fisiologiche delle parti profonde del cervello.

È noto che, volendo eccitare o volendo asportare parti simmetriche della corteccia degli emisferi cerebrali, i fisiologi, sia per conservare in vita l'animale, sia per evitare grandi emorragie, hanno sempre preferito di fare sul cranio due brecce ossee, lasciando un ponte nella parte mediana corrispondente alla regione del seno longitudinale, e ciò allo scopo di non ledere il suddetto seno e di rendere più facile la guarigîone della ferita. Fu per l'appunto operando un cane di asportazione delle due zone motrici, che noi riunimmo le due brecce ossee, distruggendo con la pinza osteotoma il ponte osseo che avevamo lasciato. In questo modo abbiamo avuta l'occasione di stabilire che i pericoli suaccennati se non sono immaginari, sono per lo meno esagerati,

inquantochè nei cani la diretta lesione del seno non può mai accadere, perchè esso in nessun punto presenta aderenze con la tecla ossea; d'altra parte la ferita, sia che risulti da breccia ossea unica o da breccia ossea duplice, può guarire ugualmente. Il solo inconveniente che spesso capita nell'asportazione della parete ossea al di sopra del seno logitudinale consiste nella rottura di vasi venosi che dall'osso immettono direttamente nella dura madre e che probabilmente sono dovuti a processi flogistici meningei di vecchia data. Infatti quasi sempre questi vasi si incontrano quando i cani operati non sono molto giovani. La rottura di questi vasi produce spesse volte emorragie così imponenti da causare la morte dell'animale per dissanguamento; altre volte invece si riesce con delle compresse calde ad arrestare l'efflusso sanguigno.

La visione del seno longitudinale inferiore in tutta la sua lunghezza ci fece subito sorgere l'idea della possibilità di poterlo legare ai due estremi e di poterlo sezionare insieme alla gran falce del cervello. L'operazione dal lato della manualità non offriva difficoltà seria. Occorreva evitare l'emorragie dei vasi meningei la cui lesione era obbligatoria; e d'altra parte occorreva vedere se la legatura del seno portasse come conseguenza seri disturbi della circolazione cerebrale. Questa operazione è stata fatta subito da noi nel cane sopra accennato. Deterso infatti il campo operativo, con una pichetta da cateratta abbiamo praticato nella dura una piccola incisione allo scopo di afferrare un lembo di essa colle pinzette, per poscia penetrarvi sotto con una forbice curva. Tanto nell'emisfero destro che nel sinistro si fanno due tagli, uno parallelo al seno longitudinale e più vicino che sia possibile ad esso; l'altro trasversale che parte dal punto di mezzo del primo e va sino all'estremità esterna della breccia ossea. Questa seconda incisione è necessaria, perchè fa diminuire la resistenza che oppone la massa cerebrale a lasciare dilatare la fessura interemisferica. Tagliata nel modo suddescritto la dura madre, mercè una pinza si solleva per quanto è possibile il seno longitudinale, e si fa passare al di sotto di esso un piccolo ago molto curvo munito di filo, mentre un assistente per mezzo di una sottile stecca di osso o di metallo impedisce la lesione della corteccia dell'emisfero opposto e nello stesso tempo guida l'ago che ha attraversato la gran falce del cervello. In questa maniera legammo il seno sia al limite anteriore che in quello posteriore, e lo abbiamo tagliato nel punto di mezzo insieme alla gran falce del cervello.

La doppia legatura del seno longitudinale seguìta dal taglio di esso insieme alla gran falce e fatta collo scopo di poter operare nella profondità della fessura interemisferica, non è, per quanto noi sappiamo, mai stata eseguita da nessun operatore. La letteratura chirurgica registra solamente qualche brevissimo caso di legatura di seni cerebrali (Brinton citato da D'Antona: *La Nuova Chirurgia del sistema nervoso centrale*, Napoli, 1893), dopo lesioni traumatiche di essi. La patotogia sperimentale ci insegna che l'obliterazione di un seno (Ferrari, *Obliterazione sperimentale dei seni della dura madre.* Archivio per le Scienze Mediche, vol. XII, 1888, pag. 341), prodotta facendo penetrare in esso un miscuglio di olio e cera che alla temperatura del corpo diventa solido, non costituisce nessun ostacolo alla circolazione dei territori cerebrali corrispondenti. Eguali risultati noi ottenemmo in seguito alla legatura praticata, nel modo descritto, di un lungo tratto del seno longitudinale; inquantochè il

cane che subì questa operazione non presentò mai alcun sintoma rilevabile di alterato circolo cerebrale, come si può facilmente dedurre nel breve diario che trascriviamo:

« Cane A, giovane, robusto, ben nutrito, di pelo rossiccio, del peso di gr. 4100.

« Sotto perfetta narcosi cloroformica e morfinica si eseguisce, secondo le norme già descritte, la legatura del seno longitudinale seguìta dal taglio della falce cerebrale. Qui va notato, che prima di tagliare il seno e la falce bisogna far cessare la emorragia a volte copiosa che proviene dalle vene cerebrali esterne ascendenti, le quali si immettono in quel tratto di seno longitudinale compreso tra le due allacciature. Qualche volta, sia prima che dopo il taglio del seno, si riesce a legarle con sottili fili di seta nel loro punto di sbocco; altre volte invece si lacerano, e allora si è obbligati di arrestare l'emorragia per mezzo di compresse calde o di piccole quantità di cotone messe nel punto di sbocco del vaso lacerato. Finita l'emorragia, si cuce la ferita facendo due piani di sutura, uno per le parti molli epicraniche e l'altra per la pelle; poscia si fa una forte fasciatura, e si libera l'animale dall'apparecchio, ponendolo a giacere in una piccola branda. Cessata l'azione della morfina, il cane è uscito dalla branda ed ha girato per la stanza. Esso nel giorno susseguente ha ripreso le forze, e la ferita è guarita subito per prima intenzione. Sono stati fatti su di esso sin dai primi giorni dell'operazione numerosi esami della motilità e della sensibilità. Ad eccezione delle prime ore dopo l'operazione in cui il cane camminava con gli arti posteriori alquanto flessi, fatto dovuto alla narcosi cloroformica e morfinica e allo shok operatorio, esso non presentò mai alcun sintomo di alterata motilità e sensibilità. Questo animale visse lungo tempo, sottoposto sempre alla nostra osservazione. Dopo un anno, esso venne adoperato per altre esperienze. Ripariamo ad una dimenticanza notando che il taglio del seno longitudinale inferiore che viene tagliato con la falce del cervello, dà un'emorragia di poco conto che facilmente viene superata ».

Convinti così, che la legatura del seno longitudinale superiore ed il susseguente taglio della falce non dà luogo ad un sintoma patologico rilevabile coll'esame funzionale, noi la praticammo allo scopo di aprirci un'ampia e diritta via per la lesione del sottostante corpo calloso. Rimandando al capitolo seguente le operazioni fatte sul corpo calloso, diremo qui che, attraverso il corpo calloso, riuscimmo a ledere sia il talamo ottico che il nucleo caudato, e perchè venga meglio compresa la bontà del metodo operativo da noi proposto, accenneremo brevemente a quelli che finora sono stati adoperati per produrre lesioni del talamo ottico, del nucleo caudato e altre parti interne del cervello. Essi si possono riunire in quattro categorie : 1) Il taglio trasversale; 2) l'asportazione; 3) la distruzione per mezzo di agenti chimici e fisici; 4) la distruzione meccanica.

Il difetto generale di tutti questi metodi consiste in ciò: che con essi gli sperimentatori non sono mai riusciti a fare lesioni limitate alle parti che volevano ledere e di cui volevano studiare la funzione. Passando ai difetti speciali di ciascun metodo, diremo che il primo è insufficiente perchè il taglio trasversale per es. del talamo ottico, non può avere per conseguenza che quella di interrompere parzialmente le connessioni della parte tagliata colle altri parti del sistema nervoso; in maniera che gli effetti che si ottengono non hanno nulla di comune con quelli dovuti alla soppressione completa della funzione del nucleo nervoso.

Il secondo metodo dell'asportazione è quello che venne adoperato dal Renzi (*Saggi di fisiologia sperimentale sui centri nervosi*, Annali Universali di medicina, vol. 185 e seguenti) nelle sue innumerevoli operazioni. Questo operatore, per poter studiare le parti interne del cervello asportava prima tutto il piano superiore di corteccia cerebrale che stava sopra l'organo che poi ledeva; limitandosi a studiare i sintomi che l'animale presentava in quelle pochissime ore di sopravvivenza alla operazione. È inutile il dire come questo secondo metodo non riesca allo scopo dello sperimentatore, il quale nella lesione cerebrale non deve altro proporsi se non il mezzo di studiare la funzione di una data parte del cervello. Nelle prime ore di sopravvivenza, l'animale non si presta allo studio fisiologico, inquantochè i sintomi che egli presenta sono i risultati di numerose cause dovute allo shok operatorio, ai fatti irritativi, alla deficienza dell'organo leso, all'emorragia e anche alla narcosi, quando questa è stata praticata. Il metodo del Renzi infatti non è stato più adoperato, e d'allora in poi i fisiologi si sono sempre preoccupati di studiare gli animali operati dopo lunga sopravvivenza e dopo completa guarigione della ferita.

Il terzo metodo consiste nella distruzione chimica o fisica delle parti nervose. La distruzione chimica si ottiene coll'iniettare per mezzo di un sottile ago di siringa, fatto penetrare attraverso la corteccia, piccole quantità di liquidi corrosivi o di liquidi che a contatto della sostanza cerebrale mostrano un'azione evidentemente irritante, mentre non lo sono se messi sopra altri tessuti. Questo metodo è stato adoperato da moltissimi fisiologi anche in questi ultimi anni. Esso è molto difettoso, inquantochè è impossibile localizzare e regolare la diffusione del liquido iniettato anche quando questo sia colorato. Inoltre la breve sopravvivenza dell'animale che si ottiene con questo metodo impedisce di poter stabilire le funzioni della parte lesa; mentre d'altra parte non si possono prendere in seria considerazione i fenomeni che presentano gli animali così iniettati: fenomeni che, come abbiamo detto, son dovuti a numerose cause concomitanti.

La distruzione fisica (per mezzo dell'elettricità) è ora il metodo che più viene adoperato nelle lesioni delle parti interne del cervello. Questo metodo è stato proposto quando l'altro, quello della distruzione meccanica, che fino a pochi anni fà era ritenuto il migliore, è caduto in dimenticanza. Quest'ultimo metodo è stato proposto da Nothnagel (Arch. f. path. Anat. Bd. LVIII, pag 420 e Bd. LXII, pag. 201) e poi adoperato anche da Veyssière, Laborde e Lemoine e da altri. Esso consiste nel distruggere meccanicamente i centri nervosi per mezzo di un sottile trequarti la cui estremità è munita di due piccole appendici a guisa di ali che possono a volontà venire allontanate o avvicinate all'asta. Quando si crede che il trequarti introdotto attraverso la corteccia sia arrivato sull'organo che si vuol distruggere, si fanno divaricare le appendici e allo strumento si imprimono movimenti di rotazione sul proprio asse. La critica è stata fatta anche a questo metodo, e in conseguenza i risultati che sono stati ottenuti hanno perduto la fiducia degli esperimentatori i quali li ritengono sospetti per lo meno nella loro interpretazione. Si sostiene che il metodo per quanto ingegnoso, non è esente di difetti, inquantochè esso produce lesioni brutali che si accompagnano ad emorragie che hanno per effetto di estendere i limiti della lesione più al di là della zona considerata. Inoltre si produce sempre nel focolaio leso un

grosso coagulo sanguigno. Gli ultimi fisiologi che si sono occupati di simili ricerche per ovviare gli inconvenienti del metodo di Nothnagel e di Veyssière si sono serviti del processo di distruzione per mezzo dell'elettrolisi bipolare, metodo per la prima volta adoperato da Sellier e Verger (*Application de l'electrolyse bipolaire à l'expérimentation sur les centres nerveux.* Archives d'électricité médicale, Agosto 1898). Come sorgente della corrente si adopera una pila di Gaiffe di piccola dimensione, inquantochè 20 elementi sono sufficienti, essendo la resistenza del tessuto nervoso molto debole. Nel circuito si interpone un galvanometro. Gli elettrodi sono formati da due aghi di platino iridato di 8 cc. di lunghezza su 0,3 mm. di diametro; sono montati su una placca metallica la quale permette di riavvicinare o di allontanare un ago dall'altro. Essi sono fissati alla loro estremità superiore su due rotelle di ebanite che permettono un perfetto isolamento, racchiusi sulla più gran parte della loro ampiezza da un manicotto di vetro sottilissimo il quale lascia scoperti nell'estremità inferiore gli aghi per una lunghezza di un mm. e mezzo. Il manicotto di vetro, come abbiamo detto, è estremamente sottile e non sorpassa il $^1/_2$ mm. di diametro.

Preparato l'animale, si introducono gli aghi alla profondità desiderata, attraverso la dura madre. Si fa passare allora la corrente lentamente, aumentando di un elemento alla volta. Quando il galvanometro segna 12 milli-ampères, si lascia passare la corrente per non più di 8-10 minuti. Poi si interrompe progressivamente la corrente, e si ritirano gli aghi piano piano. L'elettrolisi per lo studio fisiologico dei centri nervosi è stata adoperata sia sotto forma di elettrolisi monopolare, sia sotto forma di elettrolisi bipolare. L'elettrolisi monopolare fu adoperata per la prima volta da Golsinger (*Conf. de Méd. de la Clinique des malad. nerv. et mant. de St-Petersbourg*, 1895), ma questo metodo è stato criticato per diverse ragioni, e in conseguenza è stato abbandonato. Più fortuna ha finora il metodo della elettrolisi bipolare, adoperato per la prima volta, come abbiamo detto, da Sellier e Verger. Questo metodo ha il vantaggio sull'altro di essere più rapido e di limitare gli effetti ai poli e sulla linea che separa i due poli. Pur nondimeno, anche questo metodo non è esente di inconvenienti, inquantochè è sempre difficile di riuscire a fare la lesione che si desidera. Occorre quindi di operare un gran numero di animali per esser sicuri che qualcuno riesca allo scopo desiderato. Del resto, anche con questo metodo si possono avere tutti gli inconvenienti delle emorragie cerebrali, e non è raro il caso che anche in questo modo molti animali muoiano in seguito all'operazione.

Ai metodi che noi abbiamo brevemente descritto preferiamo il nostro, il quale riesce, evidentemente, meglio allo scopo, e non merita la critica che ad esso è stata fatta dai più recenti operatori di sistema nervoso centrale. La bontà di esso consiste essenzialmente nel fatto che volendo operare sul talamo ottico o sul nucleo caudato noi possiamo, dopo aver aperto il corpo calloso, vedere per lo meno una parte di queste formazioni. Introducendo il cucchiaino col quale asportiamo la sostanza nervosa, noi sentiamo la superficie liscia e convessa di questa formazione; possiamo benissimo fare lesioni di quei nuclei nervosi, e sentire pure la grandezza della parte che abbiamo asportato. Il nostro quindi non è un metodo cieco come tutti quelli per i quali si fa la distruzione per mezzo di agenti fisici, chimici o meccanici. La sola critica che è stata fatta al nostro metodo, riguarda l'emorragia a cui si va incontro e per la quale

è giusto confessarlo, si perdono molti animali. Certamente la nostra operazione richiede un'abilità chirurgica maggiore di quella che occorre con gli altri metodi, ma ciò non significa che esso sia difficilissimo e di impossibile riuscita. Quando col nostro metodo si ottiene la sopravvivenza dell'animale, lo studio susseguente di esso riesce molto facile e ricco di prove positive. Lo stesso non può dirsi degli altri metodi coi quali la lesione ci resta completamente ignorata, finchè non si fa l'autopsia dell'animale. Anche volendo ledere altri organi che non cadano sotto i nostri occhi dopo la sezione del corpo calloso, il nostro metodo ha dei vantaggi sugli altri, inquantochè i punti di repere vicini sono molto più sicuri. Per tutte queste ragioni noi crediamo che il processo operatorio da noi preferito debba ancora rendere preziosi servigi allo studio del sistema nervoso centrale.

III.

Sulla fisiologia del corpo calloso.

L'assenza di fenomenti dopo la legatura del seno longitudinale superiore e del susseguente taglio di esso e della falce del cervello, ci spinse, come abbiamo detto, ad utilizzare questo processo operativo per lo studio della fisiologia del corpo calloso.

Su questo argomento molti fisiologi hanno lavorato, però rileggendo i lavori, si nota subito come le teorie in essi sostenute, sono fra loro tanto lontane da non offrire nessun punto di somiglianza.

Lapeyronie [1] nel 1709, in una Memoria intitolata *Observations par lesquelles on tâche decouvrir la partie du cerveau où l'ame exerce ses fonctions*, ammise che nel corpo calloso avesse luogo la sede dell'anima, come Descartes l'aveva localizzata nella ghiandola pineale e Willis nel corpo striato. L'ipotesi di Lapeyronie trovò dei sostenitori in Louis, Chopart e Saucerotte. Quest'ultimo autore [2] poi credette di averla confermata in base ai risultati ottenuti in due cani operati. « Io portai, dice egli, dolcemente e perpendicolarmente un coltello verso il corpo calloso, che tagliai dall'avanti all'indietro. Nel momento della sezione l'animale ebbe una scossa violentissima in tutto il corpo e sull'istante cadde in letargo. Sembrava che avesse perduto il sentimento perchè io gli tagliai il naso e glie lo bruciai, gli punsi gli occhi, gli confissi un coltello nei muscoli, senza che l'animale in alcun modo si risentisse ».

Dopo Saucerotte altri sperimentatori, come Longet, Flourens, Magendie, Serres, Lorry, ecc., tornarono su questo argomento e sostennero altre teorie. Per alcuni di essi il corpo calloso rappresenta la sorgente delle facoltà intellettive o della coscienza, per altri influisce sui moti del cuore, per altri è la sede dove avviene un secondo

[1] *Journal des Traveaux*, 1709; Mém, de l'Acad. des Sciences de Paris, 1741, pag. 199.

[2] *Mém. sur les contrecoups dans les lesions de la tête* nei *Prix de l'Acad. de Chirurgie*, Paris 1819, t. IV.

incrociamento delle vie ottiche, e per altri ancora rappresenta una semplice connessura del cervello, il cui taglio non porterebbe alcuna conseguenza.

Risultati altrettanto disparati fra loro si riscontrano nelle pubblicazioni recentissime riguardanti la fisiologia del corpo calloso, e fra esse accenneremo brevemente a quello di Mott, Muratoff e Koranyi.

Mott [1] afferma che nelle scimie l'eccitamento dei vari segmenti del corpo calloso con leggere correnti indotte, produce movimenti bilaterali della testa, degli occhi, delle dita, dei muscoli della spalla, di quelli del tronco e di quelli delle gambe e del bacino. Soltanto i muscoli della faccia non vengono eccitati. Movimenti unilaterali ottiene invece stimolando il corpo calloso o la sezione longitudinale di esso dopo l'asportazione di una zona motrice o di un emisfero cerebrale. Le conseguenze di questi risultati inducono a credere che le fibre del corpo calloso siano prolungamenti delle cellule della zona motrice, e il taglio longitudinale di esso dovrebbe produrre disturbi di senso e di moto. Invece Koranyi [2], il quale lavorò nell'Istituto di Fisiologia di Strasburgo sotto la direzione di Goltz, dimostra che quando si riesce a tagliare il corpo calloso in modo preciso sulla linea mediana di esso, gli animali non presentano mai alcun sintoma di alterata motilità o sensibilità. Egli è il solo autore che occupandosi di questo argomento noti quanto sia difficile l'esatta esecuzione di questo atto operativo, come la maggior parte delle volte insieme al corpo calloso si leda la corteccia e la faccia interna degli emisferi e le parti sottostanti. Effetti opposti descrive Muratoff [3], il quale pubblica tre anni dopo del Koranyi, di cui pare che ignori il lavoro, uno studio anatomico sulle degenerazioni secondarie in seguito al taglio del corpo calloso. Ivi egli asserisce che i due cani, che soli sopravvissero a questa operazione, ricordavano il quadro che gli animali superiori presentano dopo l'asportazione bilaterale della zona motrice. Il taglio longitudinale del corpo calloso produce quindi, secondo Muratoff, disturbi di movimenti e di sensibilità, tanto generale che specifica.

Non ci resta che ricordare la pubblicazione di Dotto e Pusateri [4] i quali operarono due giovani gatti di corpo calloso e non osservarono nei quindici giorni susseguenti all'operazione mai sintomi di alterata motilità e sensibilità. Il processo operativo adoperato da questi autori rammenta quello di Koranyi, che ora brevemente descriveremo, avendolo anche noi adoperato in un primo tempo, prima cioè di quello del taglio della falce del cervello.

Morfinizzato l'animale e fissatolo nell'apparecchio, che va con il nome di Luciani, dopo aver rasati i peli e disinfettata la pelle, questa viene tagliata sulla linea mediana dalla regione frontale fino alla protuberanza occipitale; si stacca poscia il muscolo temporale e il periostio di un lato e sull'osso che si mette così allo scoperto si applica una corona di trapano. Si dilata con una tenaglia osteotoma l'apertura fatta dal trapano, fino a rasentare la linea mediana, si incide poi la dura madre e,

(1) Britr. Journ. 1890, pag. 1124.
(2) Pflüger's Arch. Bd. 47, 1890, pag. 35.
(3) *Neurol. Centralbl.*, 1893, pag. 714.
(4) Rivista di patol. nerv. e mentale, vol. II, pagg. 64-70.

fra l'emisfero e la falce del cervello, si introduce una stecca di balena per guidare il coltello col quale si cerca di tagliare il corpo calloso, il quale non si arriva mai a vedere. Il cane che così operammo sopravvisse a lungo e presentò deficienza di moto e di senso che vennero spiegate alla sezione dalle lesioni che avevamo fatto nella parte anteriore della superficie interna del cervello.

Fu per l'appunto il proposito di studiare la fisiologia del corpo calloso quello che ci spinse alla ricerca del nostro metodo di cui ora completeremo la descrizione. Dopo avere legato il seno longitudinale superiore e averlo tagliato insieme alla gran falce del cervello, si divaricano, mediante due piccole stecche sottili di osso o di metallo, le facce interne degli emisferi, finchè si arriva a vedere la superficie superiore del corpo calloso. Facendo questa manovra, si osserva che le due superficie cerebrali interne aderiscono fra loro (la falce, come si sa non arriva fino al fondo

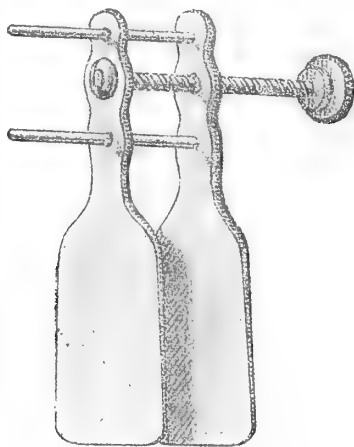



Fig. 1.

della scissura) e che per effetto dei movimenti che si eseguono dalle stecche si ha emorragia dovuta alla rottura di piccoli vasi della pia, la quale emorragia viene facilmente superata, introducendo nella scissura, piccole quantità di garza o piccoli pezzetti di spugna. I due emisferi cedono facilmente alla manovra del divaricamento (che mai supera i 2 cm.) favorito dal taglio trasversale della dura madre, che come abbiamo detto, si fa nei due lati, dopo avor fatto quello longitudinale rasente al seno longitudinale superiore.

Si procede quindi al taglio del corpo calloso, sia lacerandolo per mezzo delle stecche divaricatrici, sia immettendo nella scissura un apparecchio da me ideato il quale mercè una vite tiene allontanate le due superficie, e tagliando quindi il corpo calloso, o per meglio dire dividendolo per mezzo di uno strumento ottuso (per lo più il manico di un piccolo bisturi). L'apparecchio divaricatore riprodotto nella fig. 1, si può paragonare ad un blefarostato le cui branche libere finiscono in due lamine rettangolari. Questo strumento di cui si può fare a meno, quando l'operazione è limitata alla sola recisione del corpo calloso, diventa necessario, quando si deve saggiare l'eccitabilità delle fibre di questa commissura o quando, come vedremo in seguito, si vogliano ledere parti sottostanti ad esse.

La stimolazione del corpo calloso fu da noi ripetuta più volte in vari cani e in tutti i segmenti di esso. Mai si ottennero movimenti sia degli arti, sia nei muscoli della faccia o dell'occhio, anche quando la corrente data dalla slitta di Du Bois Reymond era molto forte.

Nei cani che abbiamo operato il corpo calloso è stato tagliato ora nella parte orizzontale, ora comprendendo nel taglio anche il ginocchio e lo splenio di esso. Il taglio di questa grande commissura cerebrale dà una piccola emorragia che facilmente viene dominata per mezzo di garza o da pezzetti di spugna finissima. Dopo di ciò non resta che eseguire la sutura dei tegumenti e fasciare la ferita.

Nei primi giorni dopo l'operazione, gli animali camminano tenendo gli arti posteriori alquanto flessi; fatto già notato anche nei cani in cui l'operazione era terminata con la sola legatura del seno longitudinale superiore. Evidentemente quindi questa debolezza degli arti superiori non ha nulla da vedere con il taglio del corpo calloso. La prima urina emessa dagli animali contiene piccole quantità di albumina e di glicosio. La sensibilità generale e specifica non mostra mai alterazioni di sorta. I cani operati diventano presto vispi, voraci, sentono e vedono bene quanto i loro compagni sani dai quali non possono distinguersi. Anche la loro forza muscolare saggiata col costringere l'animale a trascinare dei pesi (che vengono gradatamente aumentati, legati ad una fune e congiunti con semplice nodo scorsoio, ora all'uno ora all'altro degli arti anteriori o posteriori) si conserva eguale nelle due metà del corpo, ed eguale a quella di cani normali della medesima taglia.

Riservandoci di discutere sulla funzione del corpo calloso nel capitolo seguente nel quale tratteremo delle degenerazioni consecutive al taglio longitudinale di esso, diremo ora che dalle nostre esperienze si può stabilire che: 1° l'eccitazione elettrica del corpo calloso non determina reazione di moto; 2° dopo il taglio longitudinale di esso la motilità e la sensibilità rimangono inalterate.

IV.

Sulle degenerazioni consecutive al taglio longitudinale del corpo calloso (¹).

Per lo studio delle degenerazioni consecutive al taglio longitudinale del corpo calloso ci siamo serviti dei cervelli di due cani, i quali furono uccisi, il primo dopo sette mesi, e il secondo dopo otto mesi dall'operazione. Un terzo cervello apparteneva ad un cane, il quale fu sacrificato dopo quindici giorni soltanto dall'operazione. A conferma poi dei risultati trovati specialmente nei cervelli dei due primi cani vennero anche utilizzati quelli operati di talamo ottico.

I cervelli e i midolli spinali dei primi due cani cioè del cane (A) e del cane (B) furono induriti nel liquido di Müller e poi sezionati serialmente, colorando i tagli

(¹) Queste ricerche pubblicate nell'Archivio di farmacologia sperimentale, vol. III, fasc. XI, furono in parte eseguite colla collaborazione di A. Baldi, studente laureando.

secondo il metodo di Weigert-Pal. Il cervello ed il midollo spinale del cane (C), cioè di quello sopravvissuto 15 giorni, vennero trattati col metodo Marchi.

Le sezioni cerebrali, colorate col metodo Weigert-Pal, mostrano in primo luogo che l'incisione del corpo calloso da noi praticata è stata completa. Essa va dallo splenio al ginocchio, mentre in senso trasversale lascia uno spazio di 2-3 mm. il quale (tav. I, fig. 5. m) è riempito da tessuto di cicatrice, ai limiti del quale cominciano i due monconi del corpo calloso (tav. I, fig. 5. C. c). Le fibre di questi monconi a tragitto irregolare sono numerose, e presentano lungo tutto il loro percorso delle varicosità, che si possono seguire per breve tratto dalla incisione sino all'inizio della corona raggiata. Più in là non si riesce a vedere alcuna fibra degenereta, sia attraverso la capsula interna sia nel centro ovale delle varie circonvoluzioni.

Il metodo Marchi invece ci fa scorgere numerose fibre degenerate in posti dove l'altra colorazione non ci faceva vedere nessuna alterazione. All'esame dei monconi callosali si nota un numero considerevole di grosse e piccole gocce sparse uniformemente e disposte quasi sempre in senso parallelo all'asse del moncone (tav. II, fig. 1, C. c.). Queste gocce si continuano sempre con la stessa intensità fino alla corona raggiata (tav. II, fig. 1, C. R.), dove la maggioranza di esse si irradiano nel centro ovale delle circonvoluzioni superiori dell'emisfero. Il resto di esse volge in giù contornando la sostanza grigia sottoependimale del ventricolo laterale, e raggiungendo il piede della corona raggiata; dove cominciano a diminuire ritrovandosene ancora nel centro ovale della circonvoluzione della faccia laterale dell'emisfero e lungo la capsula interna dove finiscono. Non se ne trovano nel talamo, mentre qualcuna se ne trova nel *pes-peduncoli*.

Il migliore contributo quindi per lo studio dell'origine e del percorso delle fibre callosali si è avuto, adoperando il metodo Marchi. Il Cajal, servendosi della reazione nera, ha messo in evidenza la fibra callosale nella sua struttura e nel suo percorso. Essa infatti, come dice il Cajal, si origina da una cellula piramidale di piccola dimensione, e costituisce la continuazione del cilindrasse di questa cellula; oppure si origina un po' al disotto della corteccia, dalle fibre di proiezione e di associazione. La fibra callosale poi passa nell'altro emisfero e termina in una vera arborizzazione, estesa spesso in tutti i lobi del cervello.

In questo modo il Cajal contraddice l'opinione del Meynert (¹) il quale invece sostiene che la fibra callosale ha un decorso simmetrico nei due emisferi, inquantochè in qualsiasi punto essa sia nata può mettersi in rapporto soltanto coi punti corrispondenti dell'altro emisfero. Coi nostri preparati non siamo in grado di confermare o no gli studi di Cajal, inquantochè col metodo Marchi ci riesce intravedere il passaggio delle fibre da un emisfero all'altro, ma non la loro terminazione in arborizzazioni libere.

Sul decorso delle fibre del corpo calloso vi sono ancora dei punti oscuri. Nessuno più dubita del passaggio delle fibre callosali da un emisfero all'altro, e più

(¹) Meynert, *Anatomie der Hirnrinde und ihre Verbindungsbahnen mit den empfindenden Oberflächen und den bewegenden Massen. Leidesdorf's Lehrbuch der psychischen Krankheiten.* Erlangen, 1865.

non si discute che esse non attraversino la capsula esterna. Invece dubbio ancora è il fatto del passaggio di esse attraverso la capsula interna.

Hamilton (1) Wernicke (2) ed altri affermano di aver visto col metodo delle degenerazioni secondarie fibre del corpo calloso interessare la capsula interna.

Il Beevor (3) più tardi in un suo lavoro di critica alla teoria dell'Hamilton, riferisce le sue esperienze compiute sui cervelli di scimie, e nega che le fibre del corpo calloso possano avere relazione anche di semplice contiguità con quelle della capsula interna. Il Muratoff (4) in un suo lavoro sulla degenerazioni delle vie motrici, disgraziatamente non si occupa di questa questione, della quale nemmeno si occupa il Testut (5) il quale insieme col Beevor crede che la estremità anteriore del corpo calloso e il corno di Ammone siano le sole due parti, che non hanno relazione col corpo calloso.

Dejerine (6) mentre conferma tutte le altre vie percorse dalle fibre del corpo calloso, quando accenna alla possibilità che esse attraversino la capsula interna, mette un *forse* che lascia la questione insoluta.

Dotto e Pusateri (già citati) sostengono invece che le fibre del corpo calloso attraversano la capsula interna ed arrivano probabilmente alla corteccia del lobo temporale. Anche noi coi preparati alla Marchi possiamo sostenere che fibre degenerate in seguito alla sezione longitudinale del corpo calloso si trovano nella capsula interna. Però non possiamo pronunciarci in merito all'origine di queste fibre, inquantochè esse potrebbero dipendere da alterazione proveniente da processi flogistici dei giri mediali avvenuti dopo l'atto operatorio.

Questa nostra riserva però non è giustificata dai seguenti fatti molto importanti: la breccia ossea che noi sogliamo fare nei cani operati col nostro metodo, non arriva mai alla zona motrice, e d'altra parte nel cane che fu utilizzato pel metodo Marchi, non si notò alcun processo settico, cosa del resto comune a tutti i cani da noi operati. È ovvio che se in vita o alla sezione avessimo potuto avere il dubbio di un processo settico, certamente non avremmo utilizzato il cervello per il Marchi; inoltre il cane in questione, come risulta dai nostri protocolli, non presentò, al pari degli altri, nessuna alterazione o diminuzione nella motilità e nella sensibilità; un ultimo fatto interessante è quello che nel midollo spinale non si osservano fibre degenerate, le quali si arrestano nel *pes peduncoli*. Contrariamente quindi a quanto sostenemmo nella prima pubblicazione, dobbiamo ammettere la continuazione delle fibre callosali che, attraversando la capsula interna e il *pes peduncoli*, non hanno niente a che fare con le loro vicine che provengono dalla corteccia della zona motrice.

(1) Hamilton, *The corpus callosum in adult human brain*, The journ. Anat. a. Physiol. norm. a. patholog. 1885 e Brain, 1885.

(2) Wernicke, *Lehrbuch der Gehirnkrankheiten*, Leipzig, 1881.

(3) Beevor, *On prof. Hamilton Theory corcerning the corpus callosum*, The Brain, 1886)

(4) Muratoff, *Neurol. Centralblatt*, 1893, pag. 714.

(5) Testut, *Anatomia dei centri nervosi*, vol. III, pagg. 293 e seg.

(6) Dejerine, *Anatomie des centres nerveaux*, vol. II, pagg. 787 e segg., 338 e segg., 760 e segg.

Dal complesso di questi fatti si può ritenere che il corpo calloso sia un vasto centro di associazione interemisferica le cui fibre costitutive mettono in rapporto i due emisferi fra loro, mentre una parte di esse si continua attraverso la capsula interna e il *pes-peduncoli*. Ciò corrisponde all'esame della sindrome clinica presentata dai cani operati, i quali, dopo pochi giorni dall'atto operativo, si mantennero sempre in condizioni di vita realmente ottime. La mancanza di sindrome speciale per lesione del corpo calloso si osserva pure in seguito a lesioni chirurgiche, e nei casi di cui è ricca la letteratura, riguardanti individui in cui il corpo calloso era atrofico o del tutto mancante, mentre in vita nulla era stato notato in riguardo alla funzione motoria e sensitiva.

Il Dejerine enumera una gran quantità di simili casi patologici; così pure Bruce [1] il quale cita il caso di un uomo dell'età di 40 anni morto nell'ospedale di Edimburgo, alla cui necroscopia si trovò mancante il corpo calloso, il quale era sostituito da un'esilissima lamina di nevroglia; tale individuo non presentò in vita nessun sintomo apprezzabile; sapeva leggere e far conti; poco invece sapeva scrivere. Il Bruce dice che quest'uomo era originale ed eccentrico (del resto come molti altri a corpo calloso integro), ma aveva sempre adempiuto ad ogni suo dovere di cittadino e di capo di famiglia nel modo più normale. Non possiamo quindi fare a meno di concludere che nei cani il taglio del corpo calloso è senza conseguenze per l'organismo; dimodochè, per lo meno coi mezzi d'indagine di cui finora disponiamo, nessuna importanza fisiologica noi possiamo dare al corpo calloso, o per lo meno esso rappresenta un'incognita.

Come corollario alle presenti ricerche faremo seguire lo studio che abbiamo fatto sul fascio detto *tapetum*. Di questo fascio molti anatomici si sono occupati in questi ultimi anni, e già esiste sull'argomento una letteratura molto estesa.

Il Reil riteneva per il *tapetum* lo strato sottile di fibre di aspetto triangolare che tappezza la parete esterna del ventricolo laterale. A livello della volta del corno occipitale si continua colla parte posteriore del tronco e del cercine del corpo calloso col quale in avanti raggiungerebbe l'estremità del corno sfenoidale del ventricolo laterale. Per Burdach [2] il *tapetum* è in diretta dipendenza del corpo calloso: il *tapetum* sarebbe formato da fibre, che partendo dalla parte posteriore del corpo calloso, si ripiegherebbero sulla parete esterna del corno sfenoidale.

Forel o Onufrowicz [3] videro che in casi di agenesie totali del corpo calloso, il *tapetum* era normalmente sviluppato, e si continuava con un fascio a direzione sagittale situato in dentro della corona raggiata e in fuori del trigono: essi identificarono questo fascio con il fascio longitudinale superiore o *fasciculus arcuatus* di Burdach. Questi fatti furono in seguito confermati da Kaufmann [4]. Dunque per questi

[1] Bruce, *On a case of absence of the corpus callosum in the human brain.* Proceedings of the royal Society of Edimburg. Maggio, 1888.

[2] Burdach, *Vom Baue und Leben des Gehirns.* Leipzig, 1819-1826.

[3] Forel e Onufrowicz, *Fall von Mangel des Balkens in einem Idiotenhern.* Tageblatt der 54°. Versammlung deutscher Naturforscher u. Aertze in Salzburg 18-24 September 1881.

[4] Kaufmann, *Ueber Mangel des Balkens in menschlichen Gehirns.* Arch. f. Psych. u. Nervenkrankh. 1887-1888.

autori il *tapetum* non ha alcuna dipendenza col corpo calloso, ma invece è un fascio che; dopo aver tapezzato la parete esterna dei corni sfenoidale e occipitale, si continua in avanti con il fascio longitudinale superiore. La riunione di questi due fasci, dicevano Forel e Kaufmann, dà luogo alla formazione del fascio occipito-frontale.

A questa teoria furono sollevati molti dubbi prima dal Mingazzini (¹), e poi dal Sachs (²). Il Mingazzini, in un caso di agenesia del corpo calloso, e nel quale mancava anche il *tapetum*, vide che esisteva il fascio longitudinale superiore. Il Sachs poi fece notare che il *fasciculus arcuatus* di Burdach è un fascio affatto distinto dal fascio occipito-frontale, poichè il primo cammina all'esterno della corona raggiata, mentre il secondo all'interno della medesima. Il Sachs nella critica andò anche più in là, e sostenne che nei casi di agenesia del corpo calloso descritti da Kaufmann e Onufrowicz, le fibre del corpo calloso non mancavano, ma per eterotopia invece di mettere in comunicazione i due emisferi si portavano nello stesso emisfero da dietro in avanti trasformandosi in un fascio a direzione sagittale. Ma quest'ultima osservazione del Sachs fu combattuta da molti, e il Dejerine nota che non si comprende nè come nè sotto quale influenza si opererebbe una tale trasformazione.

Infine il Dejerine ammette che il *tapetum* sia dato in parte dal corpo calloso e in parte dal fascio occipito-frontale: e le sue conclusioni sarebbero appoggiate dalla teoria del Cayal che sostiene essere le fibre callose spesso il ramo di biforcazione interno delle lunghe file di associazione. Il Sachs va più oltre, e vede nel *tapetum* due ordini di fibre l'uno interemisferico, l'altro solamente emisferico, e la via percorsa dal primo sarebbe temporo-occipitale. Sostengono questa teoria il Vogt e il Muratoff. E il Vogt inoltre si sforza di vedere la derivazione intima di questi due strati di fibre che chiama strato interno e strato esterno. Quello interno sarebbe dato da fibre esili a colorito spento e a percorso trasversale; dipendono queste dal fascio subcalloso; quello esterno invece lo comporrebbero fibre grosse oscure o a direzione verticale, la loro origine sarebbe commessurale. Con tale teoria rimane perfettamente spiegata la doppia origine del *tapetum* e di più la conseguente sua degenerazione parziale a seconda che sia localizzata la lesione primitiva o nella *trabs* o nel fascio frontale-occipitale, Il Mingazzini in un suo recente lavoro intorno al corpo calloso e sue dipendenze, ha fatto uno studio accurato e completo intorno alla costituzione del *tapetum*, basandosi sul fatto della mielinizzazione delle sue fibre. E quantunque solo in parte — come afferma l'A. — pur tuttavia è riuscito ad ammettere con la teoria del Vogt, che due siano gli strati di fibre che concorrono alla formazione del *tapelum*, poichè la mielinizzazione dello stesso *tapetum* avviene in due tempi diversi. « Durante il periodo compreso fra il 2° e 5° mese di vita extrauterina — così scrive « il Mingazzini stesso — non si vedono nel *tapetum* che fibre rare disposte verti- « calmente e addossate in gran parte alle irradiazioni ottiche, laddove al 6° mese, il

(¹) Mingazzini, *Osservazioni anatomiche intorno al corpo calloso e alcune formazioni che con esso hanno rapporto*. Ricerche nel laboratorio di Anatomia Normale. Università di Roma, vol. VI, fasc. I.

(²) Sachs, *Das Hemisphärenmark des menschlichen Grosshirns. I. Der Hinterhauptlappen*. Leipzig, 1892.

« *tapetum*, come nell'adulto, si presenta costituito di un grosso numero di fibre, la « direzione delle quali è costantemente verticale. Così non posseggo argomenti di « sorta per affermare con Vogt che mentre le fibre più esterne appartengono al sistema commessurale (*trabs*), le più interne fanno parte del *fasciculus subcallosus* ».

Lasciando da parte questi quesiti sui quali l'A. non ha creduto opportuno pronunziarsi nel suo lavoro, già è assai importante il reperto che cioè il processo di mielinizzazione avviene in due tempi diversi per la qual cosa si può trarre come corollario che doppia è la origine delle fibre del *tapetum*. Un lavoro ancora più recente è quello del Mirto [1] che riferisce un caso di assenza quasi completa del corpo calloso. Di questo non rimaneva che una sottile lamina della estensione di 2 cm. Il Mirto ha studiato istologicamente il cervello, ed ha trovato, a carico del *tapetum*, che esso è notevolmente assottigliato nella sua parte anteriore, e rappresentato da uno strato esilissimo di fibre che tappezza il ventricolo. Ora innanzi a questo reperto egli invoca la teoria del Vogt, e dice che essendo le fibre del *tapetum* molto sottili, queste dipendono presumibilmente dal fascio frontale-occipitale. Essendoci inoltre l'assenza di fibre spesse, oltre che non è dimostrabile l'esistenza di uno strato esterno sovrapposto al primo, l'A. ritiene che lo assottigliamento del *tapetum* si debba al fatto che alla formazione di esso manca quello strato di fibre che proviene dal corpo calloso, e che di conseguenza formano la seconda metà del *tapetum*.

Vediamo ora il reperto dei preparati microscopici dei nostri cani per quanto concerne il *tapetum*.

Metodo Weigert-Pal. — In una sezione vertico-trasversale passante a livello dei corpi quadrigemelli posteriori (tav. I, fig. 2) si osserva, che esternamente alla sostanza grigia-ependimale che tapezza il corno occipitale del ventricolo laterale, il *tapetum* (Tp) ed il *forceps maior* formano tutto un fascio continuo che contorna il corno occipitale. Però il *forceps maior* che tapezza la parete superiore ed il terzo inferiore della parete esterna del ventricolo, forma un fascio molto più distinto e ricco di fibre, mentre i due terzi della parete esterna e anche quella inferiore sono circondati da un fascio meno marcato che è il *tapetum*. Questo è fatto di fibre ben conservate che si diriggono dall'alto in basso, e sono sezionate parallelamente al loro asse lungo la parete esterna e molto obliquamento al livello della parete inferiore.

In una sezione passante a livello del pulvinar (tav. I, fig. 3 Tp) si nota che nel *tapetum* in tutta la sua lunghezza le fibre sono molto diradate.

In una sezione infine passante a livello della parte media del talamo, il *tapetum* (tav. I, fig. 4 Tp) è completamente degenerato. Si vede solo qualche fibra ancora pallida verso il terzo inferiore della parete esterna del ventricolo laterale.

Metodo Marchi. — Mentre il Weigert-Pal non aveva mostrato alcuna alterazione visibile a carico dei *forceps maior et minor*, in questi preparati il *maior* (tav. II, fig. 2 Fm.) si scorge a sezioni progressive fortemente degenerate. Le goc-

[1] Mirto, *Il Pisani*, XXII, fasc. 3°, 1901. Palermo.

cioline di mielina si possono seguire lungo la parete superiore del corno occipitale del ventricolo laterale, e ne contornano tutto l'angolo supero-esterno. Il *tapetum* a questo livello, pur presentando qualche rara gocciolina, può dirsi sano.

Queste goccioline aumentano di numero e spessore, man mano che le sezioni diventano anteriori sino a che a livello dei talami, il *tapetum* viene completamente sostituito da una catena non interrotta di queste goccioline.

Come si vede per il *tapetum* e per la sua degenerazione, tanto il Weigert-Pal quanto il Marchi dànno risultati perfettamente corrispondenti, e nessun dubbio deve rimanere sulla interpretazione dei nostri preparati.

Tali reperti si sono pure ritrovati nell' esame dei tagli seriali di cervelli di cani i quali, oltre il taglio del corpo calloso, avevano subito l'asportazione del talamo ottico.

Dai fatti descritti, noi dobbiamo ammettere che in seguito al taglio longitudinale del corpo calloso, il *tapetum* non degenera nella sua totalità, ma solo nella regione anteriore, poichè posteriormente si presenta integro. Da ciò, poichè i cani **A** e **B** hanno vissuto circa 8 mesi, tempo più che sufficiente perchè le degenerazioni diventino complete ed evidenti, bisogna trarre il corollario che non tutto il *tapetum* dipenda dal corpo calloso, poichè allora tanto nella regione anteriore che in quella posteriore, dovrebbe presentarsi ugualmente degenerato. Di modo che anche noi ammettiamo una doppia origine del fascio delle fibre del *tapetum*: callosale l'anteriore perchè la vediamo degenerata in seguito ad eguale e contemporanea degenerazione del corpo calloso; di origine per noi incerta la posteriore ma certo indipendente dal corpo calloso, perchè ritrovata integra a corpo calloso leso.

Ad appoggiare il nostro reperto in riguardo alla doppia fonte di questa formazione, rammentiamo ancora il lavoro del Mingazzini, nel quale egli sostiene la medesima opinione, basandosi sul fatto che la mielinizzazione di questo fascio avviene in due tempi diversi.

Abbiamo detto antecedentemente che alcuni autori sostengono che una parte del *tapetum* sia dipendente dal corpo calloso, mentre l'altra proviene dal fascio fronto-occipitale. Mentre noi abbiamo dati esaurienti per stabilire la prima origine, nulla possiamo affermare per quanto riguarda la seconda, quella cioè di farla provenire dal suddetto fascio fronto-occipitale. Non ci è stato possibile differenziare questo fascio in alcuna sezione dei cervelli dei tre cani, anzi diremo di più, che se anche in piccola parte questo fascio fosse stato degenerato, avremmo avvertito nei preparati col metodo Marchi le solite goccioline. Ma poichè non abbiamo nulla rilevato, se ne deve arguire che esso sia rimasto integro e in conseguenza, sostenuti dall'opinione del Dejerine, spiegare anche la integrità della parte posteriore del *tapetum*.

V.

Sulla fisiologia della superficie interna del cervello [1].

Il taglio del seno longitudinale superiore e della falce del cervello permette di potere vedere la superficie interna del cervello, e facilita quindi lo studio di essa per mezzo delle asportazioni. Inoltre questo studio diventava necessario poichè i fenomeni dovuti all'assenza o al guasto di quelle parti non dovevano confondersi con quelli susseguenti all'asportazione del talamo ottico di cui ci occuperemo nel seguente capitolo.

Dopo che venne pubblicata la prima Memoria di Hitzig e Fritsch sull'eccitabilità della corteccia cerebrale, la fisiologia del sistema nervoso entrò in una nuova fase di numerose ricerche e di fecondi risultati.

Prima di allora era dogma scientifico quello di ritenere che gli emisferi cerebrali erano ineccitabili a tutti gli stimoli noti ai fisiologi. Questa opinione avevano sostenuto Magendie, Flourens, Bouillaud, Longet, Vulpian, Schiff, Matteucci, Van Deen e molti altri.

Hitzig e Fritsch, invece in base alle loro esperienze confermate poi da tutti i fisiologi che dopo di loro si occuparono di quest'argomento, come Ferrier, Luciani e Tamburini, Carville e Duret, Munk, ecc., formularono il risultato delle proprie ricerche, sostenendo che una parte della convessità del cervello del cane è eccitabile, ed ha funzione motrice; mentre un'altra parte non è nè eccitabile nè motrice. La parte eccitabile e motrice del cane è situata in avanti, e precisamente nel giro sigmoideo; la non eccitabile e non motrice comprende tutto il resto della corteccia cerebrale. L'area eccitabile suddivisa in molte parti ciascuna delle quali dà una data contrazione muscolare nella metà opposta del corpo fu dai fisiologi chiamata centro. Per determinare i vari centri, gli autori si sono serviti dello stimolo elettrico, cercando i punti i quali, eccitati con la corrente più debole provocavano la più forte contrazione del gruppo di muscoli da loro presi in esame. Asportando poi questi singoli centri o più centri contigui della corteccia, gli autori studiarono i disturbi di senso e di moto susseguenti all'operazione. A questa scoperta seguirono le altre delle sfere sensitive e sensoriali.

Però se, come abbiamo detto, nessuno mette più in dubbio i risultati di Hitzig e Fritsch, una quantità di teorie le più disparate fra loro, sorse per interpretare i fenomeni che susseguono all'asportazione delle zone cosiddette motrici. Hitzig e Fritsch nel loro primo lavoro ritennero i centri motori esclusivamente tali. Un anno dopo la loro scoperta, Maurizio Schiff, sorpreso dalla somiglianza dei disturbi che i cani operati della cosiddetta zona motrice presentavano con quelli che hanno perduto la sensibilità tattile in seguito a sezione dei cordoni posteriori, ne induceva che gli effetti immediati della distruzione dei pretesi centri motori derivavano da lesioni

[1] Queste ricerche pubblicate nella Rivista Sperimentale di Freniatria, vol. XXVII, fasc. I-II, furono eseguite colla collaborazione di F. Tomassi, studente laureando.

della sensibilità. I disturbi dovuti all'ablazione della zona motrice sarebbero, secondo lui, gli effetti, non di una paralisi motrice, ma di una paralisi della sensibilità tattile. Egli continuò ad insegnare che i pretesi centri motori sono in realtà vie di passaggio, che servono alla conduzione delle sensazioni tattili del lato opposto del corpo; sarebbero cioè i prolungamenti dei cordoni posteriori.

François Frank considera alla sua volta i centri motori volontari quali centri di associazione, piuttosto che centri motori propriamente detti. Egli sostiene la teoria dell'influenza riflessa e non vede nella zona motrice, per lui simile ad una superficie sensibile periferica, che il punto di partenza di eccitazioni motrici volontarie; l'apparecchio cioè eccitatore delle reazioni motrici volontarie il cui centro risiede nelle cellule nervose motrici del bulbo e del midollo.

Per questi AA. e per altri ancora (Exner, Gley, Nothnagel, ecc.), adunque, la zona motrice sarebbe di natura puramente sensitiva. Di questa opinione è anche Hermann Munk: la cui dottrina della sfera sensitiva (Fühlsphäre) può considerarsi come una sintesi delle idee di Hitzig, Schiff e Nothnagel sulla natura della zona motrice. Per lui la sfera sensitiva è composta di centri, ove le impressioni della sensibilità generale nelle loro varie modalità, sono percepite, associate e conservate sotto forma di immagini. Non esisterebbero adunque veri centri motori corticali, ma i cosiddetti centri motori sarebbero i centri ove si raccolgono le immagini motrici; e gli elementi di essi sarebbero di natura sensitiva. Quindi i disturbi della motilità volontaria dovrebbero attribuirsi, secondo Munk, alla perdita delle immagini della situazione delle parti del corpo nello spazio, e di quelle che risultano dalle impressioni tattili e motrici. I disturbi della motilità volontaria non sono che una modalità dell'anestesia. Nella corteccia non vi sono che sensazioni, percezioni e rappresentazioni: i centri motori volontari sono i centri delle immagini motrici.

Di fronte a questo modo di concepire la zona motrice quale risultante di elementi puramente sensitivi, teoria alla quale si dichiararono favorevoli Meynert, Wernicke ed altri, sta la Scuola inglese con a capo David Ferrier, il quale sostiene la teoria puramente motrice (purely motor theory) delle funzioni della regione motrice della corteccia cerebrale. Per quest'autore i centri motori della corteccia non sono i centri della sensibilità tattile generale, nè del senso muscolare; essi sono motori alla stessa maniera degli altri centri motori, e sebbene uniti funzionalmente e organicamente essi sono anatomicamente differenziati dai centri della sensibilità generale speciale.

Questa teoria a dire il vero non ha mai raccolto il suffragio della maggioranza dei fisiologi del continente; e in Inghilterra stessa, per opera del Bastian, in America per opera del Dana, il numero dei suoi fautori è andato sempre più scemando, mentre oggi quasi tutti convengono in una teoria mista sensitivo-motrice, della quale i più autorevoli campioni d'Italia sono stati Luciani e Tamburini.

Già nei lavori di Hitzig vi è un' allusione a questo modo di concepire la zona eccitabile, ma non un'affermazione esplicita. Tamburini, vagliando gli argomenti pro e contro addotti dai sostenitori delle due teorie sensitiva e motrice della zona eccitabile emise una dottrina conciliativa, che ritiene la zona eccitabile « la sede prima ove l'eccitamento sensorio, divenuto percezione consciente, si trasforma in im-

pulsione motrice. Questi primi punti di trasformazione sensitivo-motrice, corrisponderebbero precisamente ai centri corticali studiati. Ciascuno di questi centri sarebbe a un tempo focolaio di recezione e di percezione delle eccitazioni sensitive, provenienti da una data regione del corpo, e il punto di partenza dello stimolo centrifugo volontario che va ai muscoli di detta regione ». Egli poi insieme col Luciani in una Memoria sui centri psico-sensori corticali, estese ai centri della vista e dell'udito la ipotesi che dapprima aveva applicato a quelli della zona eccitabile.

Nel 1880, Luciani dichiarava che i suoi studi lo avevano condotto ad una nozione, forse meno precisa di quella di Ferrier, ma certo più vera e meno esclusiva, delle localizzazioni cerebrali. La superficie cerebrale non deve essere divisa in zone distinte della sensibilità e del movimento. I centri motori e i centri della sensibilità, che concorrono alle effettuazioni di una funzione complessa, sono commisti o molto ravvicinati nella corteccia cerebrale. Con Seppilli e Tamburini egli constatò che gli effetti dell'ablazione di un centro motore non sono soltanto paralisi o paresi di movimento, ma sono anche un disturbo più o meno netto delle diverse forme delle sensibilità cutanee e muscolari. Egli, pur concordando con Munk nella constatazione del fatto, ne discorda nell'interpretazione, e per ciò non attribuisce queste paralisi di moto alla paralisi della sensibilità generale, alla semplice perdita delle immagini, che devono precedere l'esecuzione di ogni movimento volontario o intenzionale, ossia a delle paralisi puramente psichiche; egli sostiene che, misti ai vari centri motori dei differenti gruppi muscolari e funzionanti simultaneamente, esistono nella corteccia centri della sensibilità cutanea e muscolare, centri *sensitivo-motori*. E come esistono centri motori misti ai centri sensoriali della vista e dell'udito, esistono nella zona eccitabile centri motori misti a centri della sensibilità generale. I centri motori, dice Luciani, non si trovano localizzati nell'area corticale chiamata finora zona motrice, ma tutte le differenti regioni della corteccia sono in grado vario seminate di centri motori speciali. Per essere sicuri di aver distrutti tutti i centri motori bisognerebbe asportare tutta la corteccia cerebrale. Il metodo delle ablazioni non permette di localizzare nettamente i differenti centri sensitivo-motori della zona eccitabile, attesochè questi centri come quelli delle sensibilità speciali, sono strettamente uniti e si ingranano fra loro. L'area sensitivo-motrice, specialmente per quello che riguarda le impressioni tattili, non è circoscritta alla regione anteriore del cervello, comunemente ritenuta come tale; essa si irradia nelle regioni posteriori, essa si unisce e si ingrana con i centri delle sensibilità speciali, colle sfere della vista, dell'udito e dell'olfatto.

Le esperienze fatte dagli Autori, che solo in parte abbiamo ricordate, riguardanti la fisiologia della corteccia cerebrale, sono state eseguite nelle scimie, nei cani, nei gatti, nei conigli e in qualche altro mammifero. Non tutte però le parti del mantello sono state ugualmente studiate; per alcune di esse, a causa della loro posizione, alla quale difficilmente l'esperimentatore può arrivare senza ledere altre parti adiacenti, le esperienze sono poche e le deduzioni incerte.

Fra le regioni poco studiate notiamo quella che comprende le circonvoluzioni della superficie interna (mediale) del cervello. La ragione di questa lacuna deve ricercarsi nelle speciali condizioni anatomiche della parte, e precisamente nella pre-

senza della ricca rete venosa che si trova in quella regione e nella vicinanza del seno longitudinale e della falce del cervello, che rendono l'operazione pericolosa, e affatto invisibili le circonvoluzioni interne cerebrali; con difficoltà quindi per l'operatore di produrre lesioni nette e limitate.

Ferrier e i suoi connazionali Horsley e Schaefer sono i soli fisiologi che si siano occupati della fisiologia di questa regioni. Rammentiamo qui che Ferrier ritiene che lo circonvoluzioni intorno al solco di Rolando abbiano una funzione puramente motrice, inquantochè le lesioni di dette parti non sono seguite da alcun disturbo della sensibilità generale. Lo stesso avviene per tutte le regioni della convessità degli emisferi, solo le lesioni della regione dell'ippocampo (corno d'Ammone e giro dell'ippocampo) determinano disturbi della sensibilità generale tattile e muscolare del lato opposto del corpo. Ferrier dice di aver distrutto la regione dell'ippocampo per mezzo del cauterio, entrando attraverso la corteccia occipitale. Egli così riassume le esperienze fatte in collaborazione di Yeo: « Queste esperienze provano che le varie forme di sensazione comprese sotto il nome di sensibilità generale e tattile, sensibilità cutanea e muscolare possono essere profondamente colpite e abolite per lo meno momentaneamente, dalle lesioni distruttrici della regione dell'ippocampo, e che il grado e la durata dell'anestesia variano coll'estensione della distruzione di queste regioni ».

Nel 1888 Horsley e Schaefer rifecero queste esperienze, e sono i soli che le hanno ripetute. Essi non poterono dapprima convalidare le esperienze del loro Maestro. Ferrier dovè loro dimostrare che ciò dipendeva dalla imperfezione della sezione dell'ippocampo, e aiutarli in alcune delle loro esperienze che essi poi continuarono da soli. David Ferrier suggerì ad Horsley e Schaefer di estendere le loro investigazioni al giro fornicato, e a tutto il resto del lobo falciforme (il grande lobo limbico di Broca), di cui la regione dell'ippocampo non è che una parte, al fine di verificare se il centro della sensibilità generale non vi si estendeva. Essi infatti intrapresero una serie di ricerche nelle scimie, avendo particolarmente riguardo alle circonvoluzioni della faccia mediale dell'emisfero, comprendente cioè il giro marginale e il giro fornicato.

All'eccitazione della superficie interna del giro marginale, si ebbero procedendo dall'avanti all'indietro, movimenti della testa, spalla, braccia, tronco, coda, pelvi e arto posteriore.

All'ablazione bilaterale del giro marginale, seguì paralisi completa dei muscoli del tronco, paralisi parziale delle gambe, paresi del braccio; quindi impossibilità di reggersi in piedi o di camminare. Nel caso di lesione unilaterale, gli effetti furono limitati alla metà opposta del corpo. In quanto alla questione riguardante lo stato della sensibilità generale del lato paralizzato, essi dicono che la perdita della motilità volontaria non è necessariamente accompagnata dalla perdita della sensibilità generale nella parte paralizzata, sebbene convengano che vi sia una diminuzione di reazione agli stimoli di varia natura, e su ciò concludono che la questione aspetta una soluzione dalla clinica. Per il giro fornicato gli autori hanno trovato che ogni lesione estesa del giro fornicato è seguita da emianestesia più o meno notevole e persistente. « In alcuni casi le condizioni di anestesia avevano preso quasi la totalità dell'opposto lato del corpo, in altri si erano localizzate prevalentemente nel treno

anteriore o posteriore, o a punti particolari del tronco; ma noi non siamo mai riusciti a stabilire le correlazioni tra speciali regioni del corpo e le parti della circonvoluzione che avevano distrutte. Per di più l'anestesia era frequentemente molto più pronunciata e generale durante i primi tre o quattro giorni dopo l'operazione, e certamente in alcuni casi prendeva la forma di una completa insensibilità per le impressioni tattili e dolorifiche. Queste condizioni poi decrescevano gradualmente o divenivano più localizzate in regioni definitive ».

L'intensità e la durata della diminuzione della sensibilità era proporzionata alla estensione della lesione. In alcuni casi l'emianestesia prendeva la forma di inabilità a localizzare in luogo di irritazione. Frequentemente questi esperimenti erano accompagnati da paresi della gamba, dovuti senza dubbio a lesione del giro marginale, e talvolta l'anestesia prendeva l'arto paretico; ma il fatto che in alcuni casi la paresi mancava del tutto ed in altri l'anestesia interessava l'arto sano, mentre quello paretico era sensibile, distruggerebbe, secondo gli autori, l'obiezione dei fautori della natura sensomotoria dei centri motori corticali.

I risultati dell'eccitazione elettrica del giro fornicato furono completamente negativi. Concludono quindi che il lobo limbico, e specialmente il giro fornicato, « è largamente, se non esclusivamente, interessato nell'apprezzamento delle percezioni tattili e dolorifiche ».

Questo risultato è un ampliamento delle vedute di Ferrier il quale era inclinato a limitare queste funzioni alla regione dell'ippocampo; è, contro Goltz, una nuova prova in favore della teoria delle localizzazioni funzionali della corteccia; è un argomento contro le vedute, emesse originariamente da Schiff ed estese da Munk, sulla natura dei centri motori corticali, giacchè, ledendo zone distinte, si sono avuti disturbi isolati di senso e di moto.

Ferrier aveva così riassunto lo stato della questione: « non è ancora dimostrata l'esistenza di centri specializzati in questo territorio della corteccia; e benchè nella esperienza di Schaefer e Horsley una regione sembrò essere più lesa dell'altra nel trauma, l'anestesia si estendeva ugualmente a tutto il lato opposto, faccia, braccia, gambe, tronco; è probabile tuttavia che un certo grado di localizzazione possa essere stabilito per le fibre di associazione che uniscono questa regione ai centri motori della corteccia ». Ferrier inoltre inclinava a credere che la sensibilità generale dei due lati del corpo potesse fino ad un certo punto essere rappresentata in un solo emisfero; un lobo falciforme potrebbe dunque compensare la perdita di funzione dell'altro, quando questo fosse stato distrutto. Egli infine insorge contro l'inesattezza di tutti gli schemi di distribuzione di fibre sensitive, che non fanno irradiare questi fasci della corteccia nelle circonvoluzioni del corpo calloso e dell'ippocampo. « Certamente, soggiunge, l'ipotesi di Flechsig sulla distribuzione delle fibre sensitive del lobo parietale deve essere modificata ».

Contro la dottrina del Ferrier e della sua Scuola, oggi un po' isolata in questo campo di idee, si è levato Hermann Munk. Secondo questo fisiologo le conclusioni di Ferrier e dei suoi allievi sono dovute al fatto che le lesioni da loro praticate erano troppo limitate. « È esatto che con lesioni così limitate, quali sono state fatte in quasi tutte queste esperienze, non si osservano disturbi di sensibilità. Non sappiamo

però se essi non esistano o se non si lascino constatare. Se, nei casi in cui la lesione era più estesa, questi disturbi non sono stati notati, questo dipende certamente dalla imperfezione delle esperienze ». L'esame dei disturbi non è stato nè sistematico, nè rigoroso, nè critico. Gli autori inglesi possono solo dire che in queste loro esperienze sulla zona motrice non hanno constatato disturbi apprezzabili della sensibilità; ma non possono affermare che realmente le lesioni di dette zone non portino disturbi di senso.

In quanto poi ai risultati positivi di disturbi di senso ottenuti da questi Autori per lesioni del giro fornicato e di tutto il lobo limbico, Munk dice, per esperienze personali, che realmente esistono; ma non sono dovuti alla lesione di queste circonvoluzioni, bensì all'effetto del trauma operatorio sulla vicina zona motrice. E per pochi casi in cui si ebbero soltanto disturbi di senso, senza apprezzabili disturbi di moto, doveva pure necessariamente esistere una lesione della zona motrice.

È vero che in pochi casi (due soli) all'autopsia non si rivelò alcuna lesione del giro marginale, ma questa regione non può assolutamente, nelle condizioni di esperienza degli Autori inglesi, non essere stata maltrattata. Non potevano questi sperimentatori andare a ledere il giro fornicato senza spingere nell'introdurre il cucchiaio, il giro marginale; e, dato che questi maltrattamenti non siano stati rilevabili, i disturbi circolatori per le legature delle vene comunicanti col seno, devono essere stati in ogni caso inevitabili. Ciò è confermato dal fatto che France, studiando i pezzi anatomici delle esperienze di Horsley e Schaefer, ha sempre osservato una degenerazione nelle vie piramidali attribuibile, secondo lo stesso Ferrier, a lesione della circostante zona motrice. E se in questi casi non si ebbero evidenti alterazioni di moto, ciò dipende dal fatto, che semplici disturbi di circolo non sono capaci di produrre quei fenomeni che immancabilmente seguono alle ablazioni. Di più la clinica non ha confermato le opinioni di questi Autori. Tuttavia Horsley, Schaefer, Sanger-Brown persistono a credere con Ferrier che la distruzione del giro fornicato e della sua porzione ippocampale determini un'emianestesia crociata, sebbene non ne abbiano dato una dimostrazione assoluta. Sarebbe perciò necessario asportare completamente e soltanto questa parte, del grande lobo limbico « operazione della più grande difficoltà, scrive Schaefer, ma che io non dispero di potere un giorno effettuare ».

Da quanto abbiamo riportato risulta, che, mentre le esperienze di Ferrier e dei suoi allievi sono state ritenute poco dimostrative, d'altra parte nessuna esperienza, esente da critica, riguardante quella regione corticale è stata finora pubblicata.

A colmare questa lacuna sono dirette le nostre esperienze.

È chiaro che se gli autori inglesi non riuscirono ad eseguire le ablazioni di quella parte corticale in modo netto, ciò dipendeva dal metodo operatorio di cui si son serviti. Evidentemente la principale difficoltà che essi riscontrarono nelle operazioni, era quella di dover lavorare in un campo, il quale non cadeva sotto i loro occhi; la presenza infatti del seno longitudinale e della falce ostacolava fortemente la dilatazione della scissura interemisferica. Per superare questa difficoltà bisognava trovare il mezzo adatto di potere, dopo la legatura del seno, tagliare la gran falce del cervello — tentativo operatorio che è stato superato da noi.

Metodo. — Abbiamo preferito di operare animali giovani, di media taglia del peso di 5 ad 8 kg.; che offrono una maggiore resistenza degli individui più grandi, e si prestano più facilmente alle consecutive indagini per mettere in evidenza i disturbi di moto e di senso.

Il cane che deve essere operato è tenuto digiuno per 24 ore, e prima dell'operazione se ne saggia la sensibilità per avere un punto di paragone nella constatazione degli stessi fatti dopo l'ablazione.

Anestesizzato e fissato l'animale sull'apparecchio, si procede all'atto operatorio, dopo aver tosato, rasato e lavato con una soluzione antisettica e con alcool la parte.

Incisi i tessuti molli lungo la linea mediana, e distaccati i muscoli temporali dalla loro inserzione, si pratica una breccia ossea nella regione centrale superiore del cranio. Si ha così sott'occhio la superficie superiore della dura madre, percorsa dallo avanti all'indietro dal seno longitudinale.

Con un ago da cataratta si fanno due piccole ferite ai due lati del seno, e con un paio di forbicine si incide la dura madre parallelamente, di qua e di là dal seno, sicchè questo rimane isolato con la falce. Per mezzo di un ago si passa un filo, forando la falce, sotto al seno, ai due estremi della breccia, cercando di non ledere la corteccia cerebrale. Poscia si taglia il seno e la falce fra le due legature.

Si possono allora facilmente divaricare i due emisferi servendosi del nostro apparecchino, e si riesce così ad avere sott'occhio le superficie interne del cervello, che si possono facilmente eccitare od asportare.

Compiuta l'operazione e nettato il campo operatorio, con un doppio piano di sutura si chiude la ferita, che si copre con iodoformio, e si fascia.

I cani da noi operati furono 10: in sei casi è stato estirpato il giro fornicato, in due il giro marginale, in uno parte del giro fornicato e parte del marginale, e in un altro tutta la superficie interna dell'emisfero.

Cane (**A**). — Adulto, robusto, di media taglia, del peso di kg. 5,600.

28 novembre 1899. — Si asporta il terzo medio della superficie interna dello emisfero destro e parte del terzo posteriore (giro marginale e giro fornicato fin sopra il corpo calloso), facendo a meno della legatura del seno.

29 novembre. — L'animale è in buone condizioni. Ad un esame superficiale quale è permesso di fare, mostra paresi degli arti di sinistra, più accentuata però in quelli posteriori.

Bendando l'occhio destro, e accennando a spingere il dito contro l'occhio sinistro, si osserva che l'animale non reagisce ammiccando. *Questa è la prova delle gesticolazioni* descritta da Luciani. Avvicinando un cerino acceso innanzi all'occhio sinistro, mentre il destro è bendato, l'animale mostra di percepire poco l'impressione luminosa. L'animale ha conservato la sua intelligenza, chiamato scodinzola, mostra però di essere molto pauroso.

30 novembre. — Persistono i disturbi motori notati ieri.

Posto l'animale entro *una tela con quattro fori* dai quali si fanno uscire gli arti, e saggiando così le varie forme di sensibilità, si osserva che quella tattile e quella dolorifica sono diminuite negli arti di sinistra e nel tronco.

Continuando i disturbi visivi nell'occhio sinistro, mentre nell'occhio destro non si riesce a provaro se qualche segmento della retina sia offeso. L'odorato ed il gusto sono normali. Il cane anche bendato, sente l'odore della carne a distanza; e rifiuta di mangiare quella che è stata immersa in una forte soluzione di chinina.

Bendando l'animale, e facendo cadere sul suolo a poca distanza da un lato o dall'altro dei pezzi di carne, si vede che il cane si volta bene ad ogni lieve rumore. È questa la *nota prova dell'alimentazione colla benda* (Luciani), che serve a mettere in evidenza le alterazioni dell'udito. Però non è sempre facile far rimanere calmo il cane per tutta la durata dell'esperienza. In questo caso più spiccia e abbastanza esatta è la *prova del diapason*, che, come si capisce, si fa avvicinando all'uno o all'altro orecchio le branche di un diapason vibrante più o meno intensamente, e osservando la reazione del padiglione auricolare. Anche questa prova riesce positiva.

1° dicembre. — Si toglie la fasciatura, e si trova la ferita in ottime condizioni. Si rinnova la fasciatura. I fenomeni motori notati nei giorni passati oggi si fanno più netti. Si osserva che l'animale gira spesso sul lato sinistro, e presenta anche una leggera curvatura del corpo a destra. Adescato con del cibo a rizzarsi sulle gambe, cade sul lato sinistro. L'arto posteriore di sinistra è tenuto preferibilmente abdotto. Continuano i disturbi visivi e quelli della sensibilità tattile e dolorifica.

Prestandovisi l'animale, si fa l'esame del senso muscolare che risulta alterato a sinistra, inquantochè posto un arto in una posizione anormale, l'animale non fa alcun movimento per rimetterlo in quella normale.

8 dicembre. — La paresi sinistra e i disturbi di senso muscolare sono attenuati. Persiste però la diminuzione della sensibilità a sinistra. Tranne lievi disturbi visivi a sinistra, nulla a carico dei sensi specifici.

13 dicembre. — Oggi non abbiamo potuto rilevare l'emiparesi sinistra, mentre riesce positiva la constatazione dell'iposensibilità tattile e dolorifica da questo lato.

17 dicembre. — È ancora rilevabile l'iposensibilità a sinistra. Il cane pesa kg. 4,800. Non si osservano fenomeni motori, nè disturbi dei sensi specifici.

30 dicembre. — L'animale è ucciso con iniezione di stricnina.

Necroscopia. — L'asportazione interessa la superficie interna dell'emisfero destro, da pochi mm. dietro la fessura crociata in giù, esclusa l'estremità occipitale (v. tav. II, fig. A).

Risultato. — Riassumendo i fatti più salienti presentati da quest'animale si ha:

Una paresi sinistra più accentuata posteriormente che è andata diminuendo sino a scomparire dopo circa 20 giorni. Contemporaneamente diminuzione della sensibilità tattile e dolorifica su tutto il lato sinistro (paretico), che ha persistito sebbene attenuata, anche quando i fenomeni motori non erano più rilevabili.

La diminuzione del senso muscolare si è dileguata contemporaneamente ai disturbi di moto. Si ebbero disturbi visivi transitori nell'occhio sinistro.

Cane (B). — Lupetto bianco. Peso kg. 6,400.

2 gennaio 1900. — Dopo aver legato il seno longitudinale ed averlo inciso insieme con la falce, allo scopo di fare l'eccitazione elettrica, si dilata la scissura interemisferica.

L'eccitazione, eseguita per mezzo della slitta di Du Bois-Reymond, del giro marginale, da pochi mm. dietro la fissura crociata sino al polo occipitale, e de lgiro fornicato dà risultati negativi, anche adoperando una corrente molto intensa. Dopo si asporta la metà anteriore del giro fornicato destro.

3 gennaio. — Questa mattina il cane è stato trovato fuori della branda. Non si riesce però a fargli prendere il latte e rimesso nella branda ne riesce subito. Dalla osservazione attenta del modo di camminare, risulta evidente che esiste paresi degli arti anteriori e paralisi dei posteriori. Questi fatti sono tutti più accentuati nel lato sinistro, ciò che viene dimostrato dalla facilità che presenta l'animale di cadere su questo lato. Si notano pure movimenti circolari di compasso da sinistra a destra. Non è possibile fare un esame completo della sensibilità generale; ma, toccandolo leggermente mostra di percepire. Ai fatti di paresi partecipano anche i muscoli del tronco (curvatura del corpo a destra).

Stando sempre alla semplice osservazione, l'udito non sembra alterato avvertendo il cane qualunque rumore si fa nella stanza. In quanto alla vista, il cane evita bene gli ostacoli, sebbene talvolta, fuggendo all'appressarsi di qualche persona, urti specialmente a sinistra contro i mobili. Inoltre l'occhio destro reagisce alle gesticolazioni, il sinistro non sempre.

5 gennaio. — Condizioni generali migliorate. Prende il cibo da sè, chiamato scodinzola, si volta e si avvicina impaurito. È così pauroso che non si riesce, anche allettandolo col cibo, a fare un esame minuto e sistematico. L'occhio sinistro oggi reagisce alle gesticolazioni, e sembra che la vista non sia alterata. Si rinnova la medicatura. L'esame delle urine negativo, sia per l'albumina sia per il glicosio.

8 gennaio. — Da ieri il cane ha diarrea, pur nondimeno mangia, e le condizioni generali sono buone. La ferita è un pò edematosa, ma non c'è pus. Si rifascia. Fenomeni motori non sono rilevabili, soltanto si nota una certa preferenza a girare sul lato sinistro. Saggiando la sensibilità dei due lati, sebbene sia ottusa in tutti gli arti, è da notare il fatto che in quelli anteriori il destro e nei posteriori il sinistro sembrano più eccitabili.

9 gennaio. — Le condizioni generali del cane sono migliorate, la diarrea è cessata. Non si riesce a notare alcun disturbo di moto e di senso, quantunque il lato sinistro reagisca meno prontamente del destro. I sensi specifici sono normali, soltanto l'occhio sinistro si mostra più torpido a rispondere alle gesticolazioni.

16 gennaio. — Nessun disturbo di moto, nè dei sensi specifici. Si nota una leggera diminuzione della sensibilità tattile e dolorifica negli arti di sinistra, sebbene ambi gli arti posteriori siano più torpidi degli anteriori. È vivacissimo.

27 gennaio. — Nessun disturbo motore nè dei sensi specifici. Agli stimoli tattili e dolorifici non sembra vi sia differenza nella reazione fra i due lati. Condizione generale ottima. Peso kg. 6,500.

4 febbraio. — Si pratica un ultimo esame che riesce completamente negativo. Si sacrifica l'animale mediante iniezione di soluzione di stricnina.

Necroscopia. — L'ablazione comprende la parte anteriore del giro fornicato destro (v. tav. II, fig. B).

Risultato. — L'eccitazione elettrica della parte posterione del giro marginale (superficie interna) e del giro fornicato è negativo.

Questo cane, dopo l'ablazione, ha presentato fenomeni irritativi imponenti nel giorno successivo all'operazione, disturbi bilaterali, ma più accentuati a sinistra che però scomparvero dopo pochi giorni. I risultati delle prove della sensibilità tattile e dolorifica sono incerti. Sembra però che la reazione sia stata nei primi giorni meno pronta a sinistra. I disturbi visivi a sinistra sono stati fugaci.

Cane (**C**). — Lupetto bianco, peso kg. 6,350.

7 gennaio 1900. — L'eccitazione delle medesime circonvoluzioni come nel caso precedente riesce negativa. Si asporta la parte posteriore del giro marginale destro.

8 gennaio. — Il cane è in condizioni abbastanza buone. Non si riesce a farlo camminare per lunghi tratti, solo, osservando i pochi passi che ha fatto, si nota che esso trascina a stento il treno posteriore. Appena si tocca, urla e tenta di mordere.

9 gennaio. — Si pratica un esame accurato. I disturbi di moto sono poco evidenti a destra, persiste invece paresi a sinistra. La sensibilità tattile e dolorifica negli arti anteriori è più ottusa a sinistra, mentre gli arti posteriori sono ambedue torpidi. L'occhio sinistro non reagisce alle gesticolazioni. L'udito, l'odorato e il gusto sono normali. Il cane ha assunto un'attitudine ribelle.

13 gennaio. — Persistono disturbi di moto a sinistra, più accentuati posteriormente. All'esame della sensibilità tattile e dolorifica l'arto anteriore di destra reagisce bene, meno sensibile è il sinistro. Disturbi visivi a sinistra.

15 gennaio. — La paresi sinistra va attenuandosi: persiste l'iposensibilità tattile e dolorifica nel lato sinistro.

18 gennaio. — La paresi sinistra è ridotta ai minimi termini; ad un'osservazione superficiale sfuggirebbe. Persistono i disturbi della sensibilità tattile e dolorifica. Nessun disturbo dei sensi specifici, tranne qualcuno leggero nell'occhio destro.

27 gennaio. — La sensibilità generale è sempre diminuita a sinistra, specie posteriormente. Nessun disturbo di moto. Si regge bene negli arti posteriore, salta, corre. Condizioni generali ottime. Peso kg. 6,500. È ridiventato docile.

4 febbraio. — Nessuno disturbo di moto, nè dei sensi specifici. Sensibilità generale anteriormente normale, posteriormente forse più ottusa a sinistra.

7 febbraio. — Si uccide l'animale col solito mezzo.

Necroscopia. — L'asportazione si estende da pochi mm. dietro la fissura crociata sin quasi al polo occipitale (v. tav. II, fig. C).

Risultato. — Eccitazione negativa. I disturbi di moto notati subito dopo l'operazione sono presto scomparsi sul lato destro, hanno persistito molti giorni sul lato sinistro; indi, diminuendo, sono scomparsi. La sensibilità tattile e dolorifica diminuì a sinistra, e si attenuò mano mano, fino a ridursi al solo arto posteriore sinistro. I disturbi visivi a sinistra furono transitori.

Cane (**D**). — Media taglia, robusto. Peso kg. 6,700.

10 febbraio. — Si asporta tutto il giro fornicato di destra. Posto sulla branda, l'animale, subito dopo dell'operazione, è in preda a tremori e a contrazioni gene-

rali. Nelle ore pomeridiane giace in istato di profondo sopore. Respiro lento e profondo.

11 febbraio. — Condizioni gravi immutate, non si riesce a fargli prendere del latte. Nelle orine non si trovano elementi patologici.

12 febbraio. — Ieri sera il cane fu visto camminare girando da sinistra a destra, e sovente cadere sul lato sinistro. Giace ora sulla branda come sfinito. Nelle ore pomeridiane le condizioni sono migliorate. Il cane non fa che girare sul lato destro, descrivendo per la stanza delle linee elicoidali in un modo stereotipato. Curvatura del corpo a sinistra. Cade spesso sul lato sinistro. Quando urta contro un mobile, rimane fermo con il capo contro l'ostacolo, incosciente, come una statua; indi ricomincia il movimento di maneggio. Pungendo con un lungo ago e con una certa forza il lato sinistro, il cane non cambia il suo atteggiamento; mentre mostra di avvertire le punture fatte sul lato destro. Il cane sembra cieco dall'occhio sinistro, e che veda poco dal destro. A sinistra pare che il rumore del diapason non venga percepito. Il senso muscolare è alterato.

13 febbraio. — Condizioni generali discrete. Predomina una profonda apatia. L'animale rimane fermo in qualunque posizione venga messo anche nelle più incomode. Sensibilità tattile e dolorifica diminuita su tutto il lato sinistro. Non cammina se non spinto. Persiste la curvatura a destra. I movimenti di maneggio sono meno insistenti. Si nota una certa debolezza del lato sinistro. Pare che non veda dall'occhio sinistro, forse il segmento esterno è soltanto ambliopico. Occhio destro leggermente ambliopico. L'orecchio sinistro non reagisce al diapason.

14 febbraio. — Salvo una certa preferenza a girare sul lato destro, non si nota altro disturbo di moto; la curvatura è quasi scomparsa. La sensibilità tattile e dolorifica è diminuita su tutto il lato sinistro. Persistono i disturbi visivi. Urta contro i mobili.

16 febbraio. — Condizioni generali buone. Salvo la preferenza di girare a destra, non presenta altro fenomeno motore apprezzabile. Sensibilità tattile e dolorifica diminuita sul lato sinistro. Persistono i disturbi visivi. L'orecchio sinistro comincia a reagire al diapason.

21 febbraio. — Nessun disturbo di moto, nè della sensibilità generale. Non urta più contro i mobili. Bendato coll'occhio destro urta qualche volta. L'udito non pare alterato. L'odorato sembra attenuato, giacchè passa col muso più volte su di un pezzo di carne gettatogli, senza accorgersene, se non quando gli è vicino o lo tocca. Reagisce vivamente all'ammoniaca. Non percepisce l'amaro della chinina, ciò che ripetutamente proviamo anche con esperienza di controllo.

27-28 febbraio. — Motilità e sensibilità generali normali, occhio sinistro leggermente ambliopico. Udito normale. L'odorato è tuttora diminuito. Il gusto sembra affatto perduto.

3-6 marzo. — L'occhio sinistro non ammicca alle gesticolazioni, reagisce bene al cerino acceso. Del resto salvo i disturbi dell'odorato e la perdita del gusto non si osserva altro.

11 marzo. — Esistono lievi disturbi residuali nell'occhio sinistro. In certi disturbi dell'olfatto. Persiste la ageusia.

15 marzo. — Disturbi residuali nell'occhio sinistro. Il disturbo del gusto può oggi definirsi piuttosto ipogeusia che ageusia completa. L'animale viene sacrificato.

Necroscopia. — L'asportazione del giro fornicato destro è completa, anzi si estende nella parte posteriore oltre la fessura spleniale, sino ad intaccare parte del lobo occipitale. In basso intorno allo splenio del corpo calloso si estende alla parte ascendente dell' ippocampo. In un punto il ventricolo laterale è aperto (v. tav. II, fig. D).

Risultato. — Questo soggetto ha presentato: disturbi transitori di moto a sinistra, scomparsi in pochi giorni, e prima dei concomitanti disturbi della sensibilità generale. Quelli del senso muscolare sono scomparsi insieme con quelli di moto. L'occhio destro ambliopico nei primi tempi mano mano ha riacquistato il potere visivo. Più gravi sono stati i disturbi dell'occhio sinistro che dalla completa cecità, si sono poi ridotti a leggeri disturbi residuali non apprezzabili. L'udito è stato alterato a sinistra. Notevole la diminuzione dell'olfatto la quale non è stato possibile definire esattamente da qual lato era più forte. La perdita del gusto ci è sembrata assoluta e persistente.

Cane (E). — Rossigno, di pelo corto del peso di kg. 6,500.

24 febbraio 1900. — Asportazione del giro fornicato destro. L'operazione riesce molto bene.

25 febbraio. — Condizioni gravi. Respirazione lenta e profonda. Si riesce a fargli prendere del latte.

26 febbraio. — L'animale cammina. Si nota la curvatura del corpo a destra. Movimenti di maneggio sul lato destro, più larghi e meno frequenti che nel cane D, osservandolo attentamente si nota che nel camminare alza un po' più gli arti di sinistra che appaiono anche più deboli. Urta contro gli ostacoli. Si cerca di fare l'esame della sensibilità, ma il cane si ribella tentando di mordere; solo possiamo constatare che gli arti di sinistra reagiscono meno prontamente di quelli di destra. In quanto alla vista notiamo che il cane urta contro gli ostacoli che incontra sul suo lato sinistro. L'occhio destro sembra ambliopico.

27 febbraio. — Non è possibile esaminare il cane, giacchè per avvicinarlo bisogna legarlo. Legato, rimane passivo senza dare reazione di sorta.

28 febbraio. — La ferita è cicatrizzata bene. Il cane oggi si mostra più buono, ed è stato possibile esaminarlo. Motilità quasi normale; si nota una certa preferenza a girare sul lato sinistro, e non ha riacquistato la speditezza dei movimenti. Sensibilità tattile e dolorifica sembrano un po' diminuite su tutto il lato sinistro. L'occhio sinistro non reagisce alle gesticolazioni e sembra cieco. Il destro reagisce, percepisce, ma non completamente. La prova del diapason riesce positiva in ambi i lati. Non è possibile saggiare l'odorato ed il gusto, perchè avendo il cane mangiato ed essendo molto impaurito, non si presta all'esperimento.

3 marzo. — Si nota la solita preferenza di maneggio sul lato destro. I muscoli del lato sinistro sono deboli. La sensibilità tattile e dolorifica sono diminuiti a sinistra. L'udito, l'odorato e il gusto sono normali.

6 marzo. — Continua il maneggio sul lato destro. La sensibilità tattile e quella dolorifica sono diminuite nel lato sinistro. L'occhio destro reagisce alle gesticola-

zioni. Il sinistro no, ma reagisce al fiammifero acceso. L'udito è normale. L'animale continua ad essere ipereccitabile.

11 marzo. — Oggi non si notano più i disturbi di moto e di senso, soltanto l'occhio sinistro non reagisce alle gesticolazioni, reagisce invece al cerino acceso.

20 marzo. — Tranne qualche leggero disturbo visivo a sinistra non se ne notano altri.

25 marzo. — Prima di sacrificarlo si torna ad esaminare; ma tranne lievi disturbi visivi a sinistra, che non riusciamo a definire, e tranne una reazione meno vivace agli stimoli tattili e dolorifici sul lato sinistro, non si constata altro. Si nota un'estesa chiazza alopecica posteriormente a sinistra e all'intorno di essa i peli sono facilmente asportabili.

26 marzo — L'animale viene sacrificato.

Necroscopia. — L'asportazione del giro fornicato di destra è riuscità completa, senza lesione di aree vicine (v. fig. tav. II, E).

Risultato. — Questo soggetto ha presentato disturbi transitori di moto a sinistra (debolezza degli arti di questo lato, curvatura a destra, preferenza a girare a destra). La sensibilità tattile e dolorifica si sono trovate diminuite sul lato sinistro nei primi giorni dopo l'operazione. In quanto alla vista si è notato nell'occhio sinistro che la cecità dei primi giorni si è andata gradatamente attenuando; dopo una diecina di giorni il disturbo poteva definirsi come semplice ambliopia; e anche questa in seguito è andata sempre attenuandosi fino a minimi disturbi residuali. L'occhio destro tranne che nei primi giorni è stato trovato sempre normale. È da notare l'eccitabilità dei primi giorni. Ricordiamo la caduta dei peli nella parte posteriore del lato sinistro.

Cagna (F). — Pesa kg. 6,400.

8 marzo 1900. — Si pratica l'asportazione del giro fornicato di destra. L'operazione riesce perfettamente. L'emorraggia è stata leggerissima.

9 marzo. — Condizioni generali discrete. L'animale prende la carne da sè. Si nota edema nel muso e un'abbondante secrezione nell'occhio sinistro.

10 marzo. — L'edema è aumentato. Dubitando che esso sia dovuto alla fasciatura compressiva intorno al capo, si sfascia. La cicatrizzazione della ferita procede bene. Nelle ore pomeridiane l'edema è scomparso, le condizioni generali sono buone, l'animale è paurosissimo e non si presta all'esame.

11 marzo. — L'animale non si lascia accostare. Preso a forza, rimane insensibile a qualsiasi stimolo.

15 marzo. — Oggi abbiamo potuto eseguire un esame accurato. Si osserva che la motilità è normale, del resto anche nei giorni passati, malgrado la più attenta osservazione, non è stato rilevato alcun fenomeno motorio. Tranne qualche lieve disturbo visivo all'occhio sinistro, non si osserva nessuna alterazione della sensibilità generale e speciale.

20 marzo. — Malgrado l'esame più accurato, non si riescono a mettere in evidenza disturbi di sorta.

30 marzo. — Altro esame negativo.

3 aprile. — A causa di un salasso praticato per altri studi, l'animale è morto. Anche in questo soggetto, come nel cane (E) si notano disturbi trofici sulla pelle della metà sinistra, che si manifestano con caduta dei peli, che possono facilmente essere staccati dalla pelle.

Necroscopia. — Asportazione del giro fornicato destro netta e completa (v. tav, II, fig. F).

Risultato. — Tranne qualche leggerissimo disturbo visivo, l'esame di questo cane è completamente negativo.

Cane (G). — Peso kg. 4,500.

10 marzo 1900. — Si pratica anche qui l'eccitazione elettrica della porzione posteriore del giro marginale e del giro fornicato. Risultato negativo. Indi si asporta il giro fornicato del lato destro.

11 marzo. — Condizioni generali discrete. L'animale cammina abbastanza bene, ma col dorso un po' curvo. Si nota un'estrema debolezza nel treno posteriore, più accentuata a sinistra. Non urta contro i mobili. L'occhio sinistro non reagisce alle gesticolazion, il destro si. Non è permesso di fare un esame completo.

16 marzo. — Le condizioni generali continuano buone. Non è rilevabile alcun disturbo di moto; cammina un po' curvo. Saggiando la sensibilità tattile e dolorifica dei due lati, si nota che la reazione è meno pronta sul lato sinistro. Tranne il notato disturbo visivo, la vista e l'udito non presentano altro di anormale. In quanto all'odorato si osserva che l'animale sente la carne a 7 cm. di distanza. Il gusto sembra scomparso: mangia avidamente e senza alcun segno di disgusto la carne imbrattata di chinina, quella stessa che è rifiutata dalla cagna (F) e da altri cani.

20 marzo. — Guarigione completa. All'esame della motilità non è rilevabile alcun disturbo. Si nota una maggiore tonicità dei muscoli degli arti di sinistra. A stimoli dolorifici reagisce egualmente bene da ambo i lati. L'udito è normale. In quanto alla vista sembra che il segmento destro o interno dell'occhio sinistro reagisca meno. Persiste il disturbo di gusto nella mancanza di percezione dell'amaro della chinina. In quanto all'odorato, non si rileva alcuna alterazione.

30 marzo. — Condizioni generali ottime. Non è rilevabile alcuna alterazione della motilità. Si sorregge benissimo in piedi sul treno posteriore, ricadendo dritto su sè stesso senza pendere da un lato o dall'altro. La deambulazione è normale, così la corsa e il salto. Alle ripetute prove per constatare lo stato della sensibilità tattile, termica e dolorifica, si nota che l'animale reagisce ugualmente bene da ambo i lati: forse a destra la reazione è più pronta. Nell'occhio destro non è rilevabile alcuna alterazione. L'occhio sinistro reagisce meno prontamente del destro. L'udito e l'odorato sono normali. Il disturbo del gusto è il più netto che si osserva in questo cane.

12 aprile. — L'ipogeusia è quasi scomparsa. Il cane mostra evidente ripugnanza all'amaro della chinina. Tranne qualche leggero disturbo visivo a sinistra, non è rilevabile alcun altro disturbo.

18 aprile. — L'ipogeusia è scomparsa. Esame negativo.

L'animale è stato ucciso nel mese di agosto. Alla necroscopia si osserva che la lesione comprende tutto il giro fornicato e nessun'altra parte adiacente (v. tav. II, fig. G).

Risultato. — Eccitazione elettrica negativa. Dietro l'ablazione del giro fornicato abbiamo notato: nessu disturbo di moto tranne quelli fugacissimi nel treno posteriore. Incerti disturbi di sensibilità generale nel lato sinistro. Qualche alterazione nella visione dell'occhio sinistro. Il gusto che in principio era abolito è ricomparso negli ultimi giorni in modo da potersi ritenere come normale.

Cane **H**. — Cane nero, di pelo corto, del peso di kg. 7.

22 marzo 1900. — L'eccitazione elettrica praticata nel solito modo e nel solito luogo è egualmente negativa. Si asporta il giro fornicato destro.

23 marzo. — L'animale cammina per la stanza girando da sinistra a destra e urtando in tutti gli ostacoli che trova dinnanzi a sè. Presenta ma in modo più accentuato, i disturbi notati nel cane E. Osservando minutamente il modo di camminare, si nota una paresi marcatissima dell'arto anteriore sinistro e nel treno posteriore. Nell'arto anteriore sinistro si osserva il fenomeno dell'inginocchiamento. Il dorso è incurvato, il muso è tenuto abbassato sin quasi al suolo. Rimesso nella branda fa sforzi per uscirne, ma non riesce ad alzarsi. Si lamenta. Sembra completamente cieco, ma non sordo. Postagli della carne davanti al naso, mostra di non accorgersene.

24. marzo. — Questa mattina è stato trovato senza fasciatura, Si rimedica, la ferita è in ottime condizioni. Presenta gli stessi fenomeni notati nel diario di ieri. Rimesso sulla branda, si trova dopo qualche tempo peggiorato nelle sue condizioni generali, la respirazione si è fatta profonda e rantolosa.

25 marzo. — Oggi il cane è un po' migliorato. È stato visto camminare per la stanza. Pare completamente cieco. Si sfascia per vedere se vi sia suppurazione, ma la ferita è in buone condizioni. I tessuti adiacenti non presentano edema, nè flogosi di sorta.

26-27 marzo. — Le condizioni si sono di nuovo aggravate. La mattina del 27 il cane è stato trovato morto.

Necroscopia. — Nell'ablazione del giro fornicato è stato aperto il ventricolo laterale e leso il corpo striato. Nessuna reazione flogistica ci dà la spiegazione della morte, però la sostanza cerebrale è diminuita di consistenza (v. tav. II, fig. H).

Risultato. — L'eccitazione elettrica conferma perfettamente i risultati negativi ottenuti negli altri. Gli effetti dell'ablazione sono poco concludenti, essendo l'animale sopravvissuto all'operazione per un tempo troppo limitato, e in condizioni tali da non permettere un'esame positivo.

Cane **I**. — Di media taglia, di pelo corto, robusto in ottime condizioni di nutrizione. Pesa kg. 6,200.

9 aprile 1900. — Senza legare il seno, si asporta per lo spessore di circa 3 mm. tutto il giro marginale destro.

10 aprile. — Le condizioni generali sono gravi. Respirazione profonda e stenotica. È agitato da tremore.

11 aprile. — L'animale migliora. All'esame della motilità si osserva una marcata paresi degli arti di sinistra, che prendono spesso delle posizioni strane e incomode. L'arto anteriore sinistro è poggiato in terra per una superficie più grande del

destro, le dita sono divaricate, e tutta la pianta è ruotata in fuori. Sollevandolo per il dorso, si vede che l'animale tiene gli arti di destra distesi, quei di sinistra retratti. A stimoli tattili e dolorifici gli arti di destra rispondono: non reagiscono affatto quei di sinistra.

Sebbene non urti contro i mobili, si è visto andare a battere col muso contro la rete del recinto, e ciò specialmente dal lato sinistro. Esistono disturbi visivi bilaterali evidenti a sinistra, L'udito, l'odorato ed il gusto sono normali. Sebbene un po' depresso non presenta lo sbalordimento degli altri operati: è calmo, chiamato, si lascia carezzare e si mostra mansueto.

12 aprile. — Condizioni generali buone. È evidente la paresi degli arti di sinistra. A carico dell'arto anteriore sinistro si notano i fatti già descritti. Il cane gira talvolta su questo arto come su un appoggio, cioè mantenendo ferma la pianta, l'arto è torto sul suo asse passivamente. Senso muscolare perfettamente abolito a sinistra; si possono dare agli arti di questo lato le posizioni più strane ed incomode senza che l'animale mostri di avvedersene e senza che li retragga. Questo fenomeno è molto netto. Sollevando l'animale per il dorso, si osserva al pari di ieri che gli arti di sinistra sono tenuti retratti, mentre quelli di destra tesi. Saggiando le varie forme di sensibilità generale si nota, che mentre la reazione è abbastanza pronta negli arti di destra, manca assolutamente in quelli di sinistra. Vi è una notevole ipersecrezione congiuntivale. Il cane urta contro gli ostacoli che gli si presentano sul lato sinistro. Non vede la carne che gli si offre, perciò non la prende, se non quando ne sente l'odore. Coll'occhio sinistro non reagisce alle gesticolazioni ed al fiammifero acceso, col destro sì. Esistono quindi disturbi visivi in ambo gli occhi, ma più accentuati nel sinistro (emianopsia bilaterale omonima?). Percepisce il suono del diapason in ambo i lati.

13 aprile. — Il cane è guarito perfettamente, le condizioni generali sono ottime. Persiste la paresi sinistra: il cane cammina col treno posteriore avvicinato. Alzato per il dorso, mantiene gli arti presso a poco con lo stesso tono muscolare. Persistono disturbi del senso muscolare. Stando alle reazioni motrici, bisognerebbe dire che la sensibilità tattile e dolorifica manchi negli arti di sinistra, ma osservando attentamente sembra che, sebbene molto lentamente, percepisca gli stimoli anche in questo lato. I disturbi visivi oggi non sono rilevabili.

25 aprile. — La paresi sinistra è molto attenuata. I disturbi del senso muscolare sono scomparsi. L'anestesia sinistra già dubbia nell'ultimo diario, oggi si può definire come ipoestesia dell'arto anteriore, l'arto posteriore non reagisce. Sensi specifici normali.

5 maggio. — Non è rilevabile alcun disturbo nella deambulazione, ma i fenomeni paretici non sono completamente scomparsi, giacchè persiste il fatto della rotazione in fuori del piede anteriore sinistro, il quale viene poggiato in terra in modo più ampio che il destro e con le dita divaricate. Persiste l'ipoestesia negli arti di sinistra; sebbene a stimoli dolorifici anche gli arti di sinistra rispondano abbastanza prontamente. Sensi specifici normali. Si sacrifica.

Necroscopia. — Si è constatato che la lesione del giro marginale in avanti si estendeva un poco al davanti del solco crociato, posteriormente sin presso al polo occipitale, senza però raggiungerlo (v. tav. II, fig. J).

Risultato. — Questo cane ha presentato notevoli fenomeni motori (paresi sinistra) persistenti sino alla morte avvenuta un mese dopo l'asportazione. La scomparsa del senso muscolare nettissima nei primi giorni, si è andata a poco a poco attenuando fino a non essere più reperibile. L'anestesia dai primi tempi si è gradatamente mutata in ipoestesia che ha persistito fino alla morte. I disturbi visivi più accentuati a sinistra scomparvero mano mano.

Cane K. — Di media taglia, del peso di kg. 6,100.

21 aprile 1900. — Si asporta per lo spessore di $^1/_2$ cm. tutta la superficie interna dell'emisfero destro (giro marginale e giro fornicato) con discreta emorragia.

22 aprile. — Condizioni generali relativamente buone. Il cane cammina per il canile; ora vede, e chiamato si avvicina. Si nota paresi del treno posteriore e dell'arto anteriore sinistro. Gira spesso ma non insistentemente sul lato destro. Il solo arto che non presenti disturbi è l'anteriore destro, sicchè si vede spesso che il cane, dopo aver camminato incerto, ad un tratto, fatto centro ed appoggio sull'arto anteriore destro, essendo il resto del corpo rilasciato, gira su questo e cade. Coll'arto anteriore sinistro cammina spesso, tenendolo inginocchiato sul dorso della prima articolazione, e talvolta vi rimane fermo senza accorgersi della strana ed incomoda posizione. Anche coll'arto anteriore sinistro, poggia spesso sul dorso del piede. Il senso muscolare è intatto a destra, abolito a sinistra.

23 aprile. — Si pratica un minuto esame. Le condizioni generali continuano buone. Oggi si rileva più netta la paresi del lato sinistro, poichè i disturbi dell'arto posteriore destro sono molto dubbi. Il fenomeno dell'inginocchiamento è marcatissimo. Senso muscolare completamente abolito negli arti di sinistra, e questo fenomeno risalta spiccatissimo senza bisogno di ricorrere a speciali artifizi. Il cane durante l'esame prende cogli arti di sinistra anche spontaneamente posizioni strane ed incomode. La sensibilità tattile e dolorifica è abolita negli arti di sinistra. Il padiglione auricolare di sinistra reagisce, ma meno prontamente del destro a stimoli tattili. L'animale ammicca alle gesticolazioni vivamente coll'occhio destro, poco con il sinistro. L'udito e l'odorato sono normali. Anche il gusto è conservato; anzi l'animale presenta una reazione vivissima all'amaro della chinina, tale da far credere ad uno stato di iperestesia.

27 aprile. — Si toglie la medicatura, si trova qualche punto suppurato. Si rimedica mettendo del jodoformio. Persiste l'emiparesi sinistra. Il fenomeno dell'inginocchiamento è molto meno marcato. Essendosi l'animale gettato dal tavolino, è caduto e si è rotolato sul lato sinistro; per rialzarsi ha dovuto fare molti movimenti disordinati con gli arti di sinistra. Il senso muscolare è abolito negli arti di sinistra, anche l'arto posteriore rimane in falsa posizione, ma per tempo minore dell'anteriore. Alle eccitazioni tattili gli arti di sinistra non rispondono. Agli stimoli dolorifici, mentre la reazione è pronta dal lato destro, dal lato sinistro la percezione è molto più lenta e debole, e solo si ottiene con stimoli più potenti che provocano i lamenti dell'animale. L'iposensibilità è più accentuata anteriormente. Esistono disturbi nell'occhio sinistro che non possiamo definire. L'udito, il gusto e l'odorato sono normali.

5 maggio. — L'emiparesi sinistra è diminuita. Si rileva per un certo muovere goffo degli arti di sinistra che sono mantenuti sempre un po' abdotti. È discutibile se persista ancora l'alterazione del senso muscolare. La reazione a stimoli tattili a sinistra è più tarda e meno marcata; a stimoli dolorifici reagisce ugualmente bene da ambo i lati. Sensi specifici normali.

15 maggio. — Persiste la paresi sinistra più accentuata nell'arto posteriore. Camminando sul lastricato liscio e bagnato della sala operatoria, si osserva frequentissimo lo scivolamento dell'arto posteriore sinistro. Invitando l'animale, facendogli vedere dei pezzi di carne, a scendere dal tavolo alto quasi un metro su cui è stato posto, cade rotolandosi sul lato sinistro. Anche la deambulazione con questi arti è goffa, essi sono tenuti leggermente abdotti. Gira spesso sul lato destro. Non si riescono a mettere in evidenza alterazioni sensibili del senso muscolare. Gli arti di destra rispondono prontamente a stimoli tattili e dolorifici. L'arto anteriore sinistro reagisce meglio. Il posteriore affatto. I sensi specifici sono normali.

21 maggio. — Sebbene i fenomeni siano meno evidenti, pure si constata tuttora la paresi sinistra, sempre più accentuata posteriormente. Persiste tuttora l'iposensibilità su tutto il lato sinistro. Sensi specifici normali. L'animale viene ucciso nel mese di agosto. L'asportazione della superficie interna del cervello era quasi completa (v. tav. II, fig. K).

Risultato. — In questo cane abbiamo avuto una marcatissima paresi del lato sinistro, più accentuata nel lato posteriore che ha persistito, sebbene attenuandosi, durante tutto il tempo che abbiamo avuto l'animale in osservazione. Si è contemporaneamente constatata la perdita del senso muscolare, che è andato diminuendo sino a non essere più dimostrabile. L'anestesia sinistra ha persistito in tutto il periodo di osservazione. Passeggeri invece i leggeri disturbi visivi osservati nell'occhio sinistro.

Come risulta dai protocolli delle nostre esperienze, che brevemente abbiamo riassunto, noi ci siamo in questo lavoro preoccupati più di studiare le alterazioni funzionali che susseguono alle asportazioni del giro fornicato, che di quelle che si osservano, quando la lesione è limitata al giro marginale. La ragione di ciò sta nel fatto, che le nostre ricerche riguardanti il giro marginale, avevano il solo scopo di controllare quelle degli altri sperimentatori, che ci hanno preceduto; mentre lo studio della funzione del giro fornicato, come abbiamo già detto, può ritenersi finora vergine; le sole esperienze fatte da Horsley e Schaefer, essendo state così acerbamente criticate da non potersi attribuire loro gran valore.

Per riuscire bene ordinati, e potere possibilmente stabilire infine la funzione *in toto* della superficie interna del cervello, noi esamineremo prima i risultati ottenuti per lesione del solo giro marginale, poi quelli ottenuti per lesioni del solo giro fornicato, infine quelli per lesioni contemporanee dei due giri che costituiscono la superficie interna cerebrale.

I cani nei quali è stato asportato il solo giro marginale sono quelli segnati con le lettere C e I. Nel cane C la lesione comprende la parte posteriore del giro marginale e si estende da pochi mm. dietro il solco crociato fin presso il polo occipitale;

nel cane **I**, oltre questa zona, la lesione comprende anche la parte di superficie interna corrispondente al giro sigmoideo all'intorno del solco crociato. Confrontando i risultati del cane **C** con quelli del cane **I**, avremo modo, per differenza, di stabilire quale è la funzione della parte anteriore; perchè mentre i disturbi dovuti all'ablazione di questa saranno comuni ai due soggetti, quelli dovuti alla rimozione della parte anteriore saranno propri del cane **I**; essendo la parte anteriore asportata soltanto in quello. In ambo i casi si sono avuti disturbi di moto, di sensibilità generale, e passeggeri disturbi di vista, incrociati rispetto alla lesione centrale, la differenza tra i due casi è soltanto questa: che mentre i disturbi di moto e di sensibilità generale furono nel cane **C** lievi e passeggeri, nel cane **I** sono stati molto gravi e duraturi, talchè non può cader dubbio sul loro carattere. Essi sono evidentemente fenomeni di deficienza dovuti a lesioni del centro psico-motore degli arti di sinistra. Nè il fatto constatato che questi disturbi andavano diminuendo, può infirmare la nostra deduzione, perchè è noto che mentre in un primo tempo i fenomeni sono esagerati dall'irritazione delle parti vicine, in un secondo tempo sono i fenomeni di deficienza che si attenuano per la funzione compensatrice della restante zona omologa.

Dunque la parte della superficie interna del giro marginale che corrisponde al giro sigmoideo fa parte integrante della zona sensitivo-motrice; vale a dire la zona sensitivo-motrice esterna occupante principalmente il giro sigmoideo, intorno alla fessura crociata, si estende nella profondità di questa sulla superficie interna cerebrale fino alla fessura spleniale.

Questo risultato è una conferma alle vedute di Luciani e di H. Munk, i quali ammettono che la sfera sensitivo-motrice continua nella superficie interna del cervello; ciò che è stato confermato anche patologicamente da Muratow.

Più complicata è la questione dei risultati attribuibili alla parte posteriore del giro marginale, asportata nei due cani **C** e **I**. Nel cane **I** ai disturbi dipendenti dalla lesione della parte posteriore del giro marginale si sommano quelli dovuti alla parte anteriore. A delucidare l'argomento serve quindi il solo cane **C**, e i disturbi notati in esso ci danno il complesso dei fenomeni che seguono dopo l'asportazione della parte posteriore del giro marginale.

Essi, come abbiamo detto, consistono in disturbi passeggeri di moto e di senso e in disturbi visivi. Si può da ciò ritenere che questa parte del giro marginale è in relazione con la zona senso-motrice e con la zona visiva? Non si può rispondere a questo quesito se prima non si definisce il valore da attribuire ai fenomeni osservati.

Sono essi semplici fenomeni collaterali per azione del traumatismo sulle regioni vicine, note già quale sede della sensibilità, della motilità e della visione, o sono essi dovuti alla distruzione delle aree relative irradiantisi dai detti centri secondo il modo di vedere di Luciani? O infine considerando questa zona come centro di associazione tra le diverse aree vicine, secondo l'ipotesi di Flechsig, siamo in presenza di una semplice perdita di rapporti?

Non si può chiedere ai nostri esperimenti una risposta categorica, si potrà vedere in quanto questi appoggino l'uno o l'altro modo di vedere. I disturbi di moto e di senso presentano uno dei caratteri essenziali dei fenomeni collaterali: la tran-

sitorietà. Ma questo carattere non contraddice al secondo modo di vedere, perchè ammettendo che in quest'area sia stata lesa quella zona *di cui parla Luciani, in cui le irradiazioni della vicina area assoluta sono sparse e ingranate con quelle delle aree vicine*, è ovvio che, anche così considerati, questi disturbi debbano essere necessariamente transitori. Essi, esagerati in principio dai concomitanti fenomeni collaterali, in seguito si attenuano per la entrata in scena della compensazione, che in questo caso deve esplicare la sua efficacia in un modo rapido, essendo tutto il resto dell'area relativa, e tutta l'area assoluta intatta.

L'osservazione della permanenza più o meno lunga dei disturbi ci guiderà alle conclusioni. I fenomeni irritativi sono per la loro natura, non dirò passeggeri, ma fugaci: imponenti il giorno consecutivo all'ablazione, scompaiono rapidamente. Certamente non hanno questo carattere i fenomeni osservati nel cane C. Essi furono, è vero, transitori, ma durarono per molti giorni e la loro scomparsa non fu rapida come nei fenomeni irritativi, ma lenta e graduale, corrispondente al contemporaneo ristabilirsi della compensazione, Perciò non saremo molto lontani dal vero concludendo che i tenui disturbi susseguiti all'ablazione di questo segmento di corteccia debbano considerarsi come veri fenomeni di deficienza consecutivi all'ablazione di quelle sparse irradiazioni, che circondano l'area assoluta del vicino centro sensitivo-motore.

Si potrà dunque concludere che *sparse irradiazioni della zona motrice si estendono anche nel segmento anteriore della metà posteriore del giro marginale, mentre il resto contiene delle sparse irradiazioni della zona visiva, risiedente nel lobo occipitale, e che noi perciò estendiamo anche sulla superficie interna di questo lobo*. Ciò concorda perfettamente con gli ultimi dati delle ricerche cliniche, ricerche che tendono a trasportare quasi per intero la zona visiva sulla faccia interna del lobo occipitale, sul territorio della fessura calcarina.

Occorre ora considerare se tenendo presente il carattere dei fenomeni non si debba ritenerli come dovuti a lesioni di centri associativi. I nostri esperimenti non possono fare escludere questa possibilità, nè crediamo che possano a ciò riuscire le ricerche fisiologiche; la questione in questo caso potrà solo essere risolta dall'anatomia. Ma pur ritenendo i disturbi osservati come dipendenti da lesioni di centri associativi, la nostra teoria non solo non viene contraddetta, ma diviene più estesa. Difatti il concetto sostenuto da Luciani sul parziale ingranaggio e conglobazione dei diversi centri non è che l'esponente fisiologico della teoria di Flechsig, mentre questa non è che la esatta definizione anatomica di quello. Tanto vero che Luciani nel definire ciò che egli chiama *territorio neutro* della superficie esterna lo considera fisiologicamente come *centro dei centri* « in cui convergono e si collegano tra loro le diverse sfere o centri sensoriali, rimosso il quale, viene necessariamente a mancare la normale associazione delle percezioni e delle immagini psichiche ». E anche così considerato il territorio da noi preso in esame, non è che il prolungamento sulla superficie interna, della zona parietale così brillantemente messa in luce da Luciani. Di più anche anatomicamente parlando queste due ipotesi non si escludono per nulla. Il primo modo di vedere è oggi accettato dalla fisiologia, I vari centri funzionali localizzati nella corteccia cerebrale non sono qualche cosa di esattamente limitato,

come da linee nette, ma esiste indubbiamente all'intorno di ciascun nucleo centrale o di un'area funzionale la corrispondente regione periferica, in cui le terminazioni sensitive e le origini motrici sono più rare che non nel centro; che poi tra una zona e l'altra esistano dei centri di associazione veri e propri con fibre e cellule proprie, questo non abbatte l'esistenza della zona relativa (neutra); certo fisiologicamente non si può dimostrare. Ma questo ecclettico modo di considerare quest'area è anche appoggiato dal fatto, che sebbene siano più rare, pure non mancano nei centri di associazione fibre di proiezione.

Concludendo dunque secondo i risultati di questi esperimenti e secondo l'interpretazione che ne abbiamo potuto dare, la *superficie interna del giro marginale non è sede di un centro unico, nè contiene speciali centri distinti. Funzionalmente considerata, appare come una continuazione dell'area esterna i cui rapporti non sono per nulla cambiati; e mentre nella parte anteriore si continua la zona sensomotrice, e nella posteriore si ripiega la zona visiva, tra queste due si continua quella zona indistinta (territorio neutro) in cui convergono e si ingranano i centri di funzioni varie, e la cui lesione produce risultati poco netti e molto complessi riferibili ai diversi centri confinanti.*

L'ablazione del solo giro fornicato è stata eseguita in sei cani (**B**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H**) e sempre nel lato destro. Riassumendo i fenomeni osservati in questi cani nel periodo post-operatorio, si nota che da parte della motilità si ebbero nel lato opposto a quello leso disturbi transitori, talvolta in principio bilaterali. Detti fenomeni scomparvero molto più presto che non nei casi operati nel giro marginale. La sensibilità tattile e dolorifica si mostrò per breve tempo lievemente alterata a sinistra. Quasi sempre però i disturbi di senso si attenuavano, quando quelli di moto erano già scomparsi. I disturbi visivi prevalenti nell'occhio sinistro talvolta nei primi giorni furono molto gravi, talvolta furono appena apprezzabili. L'udito in qualcuno dei cani operati si mostrò affievolito. L'odorato in qualche soggetto fu trovato alterato, in altri non fu rilevabile disturbo di sorta. Degna di attenzione è la perdita assoluta e persistente del gusto nel cane **D**. Perdita temporanea si osservò nel cane **G**, mentre negli altri questo senso rimase normale.

Che cosa si deve pensare dei disturbi sia di moto che di senso osservati in questi cani operati di giro fornicato? Dovranno considerarsi quali semplici fenomeni di deficienza, dovuti a sparse irradiazioni in questo giro della sovrastante zona motrice? Per risolvere questa condizione noi non abbiamo veramente dei dati molto evidenti. Alla stregua dei nostri risultati pare piuttosto che i disturbi notati dopo l'ablazione del giro fornicato non abbiano altro valore se non quello di semplici disturbi collaterali. Essi infatti sono durati per pochissimi giorni e in taluni casi (cagna **F**) non siamo nemmeno riusciti a dimostrarli. Lo stesso valore si deve attribuire a quei rari e non ben constatati disturbi di udito. Riguardo alla visione essa si mostrò molto alterata nel cane **D**. Non nello stesso grado, nè tanto durevoli furono i disturbi osservati nel cane **E**; lievissimi quelli dei cani **B** e **G**, mancarono quasi affatto nel caso **F**. Ora il fatto constatato che nella cagna **F** in cui fu pure asportato tutto il giro fornicato, mancò ogni disturbo di vista, ci porterebbe ad escludere

che la zona visiva si estenda fino a questo giro; nello stesso tempo l'averne constatati più o meno gravi, negli altri quattro casi, ci fa pensare alla esistenza di rapporti tra questa circonvoluzione e la regione visiva, o almeno alla grande vicinanza di questa al giro fornicato; in modo da aversi per effetti collaterali dei disturbi visivi, i quali assunsero talvolta la gravità osservata nel cane D. Però osservando un pezzo anatomico di questo soggetto, si vede che, a differenza degli altri cinque casi, in questo l'ablazione posteriormente fu molto ampia, tale da varcare la fessura spleniale, e da estendersi in basso alla porzione ascendente dell'ippocampo. A questa maggiore estensione dell'ablazione si devono riannodare i disturbi visivi: dimodochè, parte per distruzione della vicina zona visiva, parte per la maggiore gravità del traumatismo, si ebbero quei violenti fenomeni messi in rilievo. Da questa osservazione si può concludere che *la zona visiva, che già abbiamo dovuto estendere sulla superficie interna della parte posteriore del giro marginale, raggiunge in basso su questa circonvoluzione la superficie cerebellare degli emisferi sino in prossimità dell'estremo posteriore del giro fornicato.*

Nel cane D, si osservò la perdita completa e permanente del senso del gusto. Disturbi invece transitori di gusto si osservarono nel cane G. Questi fatti trovano la loro spiegazione nella lesione fatta, la quale, specialmente nel cane D, era estesa posteriormente attorno allo splenio del corpo calloso sino ad intaccare la porzione ascendente dell'ippocampo.

È quindi unicamente a quest'ultima lesione che si devono ascrivere i disturbi di gusto (e forse quei non bene accertati disturbi di olfatto), il che conferma un'analoga osservazione di Luciani e Seppilli, che, in una cagna dopo lesione della parte posteriore dell'ippocampo. ebbero a constatare presso a poco gli stessi fatti.

Riassumendo quindi tutto quanto abbiamo potuto raccogliere da questi esperimenti sul giro fornicato, si può ritenere che dietro l'ablazione di queste circonvoluzioni non si è constatato alcun disturbo speciale e duraturo da poter con sicurezza ascrivere alla mancanza di detto giro. *E forza adunque concludere che nella sostanza grigia del giro fornicato non esistono centri speciali di senso e di moto.*

Questo risultato fisiologico concorda con quanto è stato notato dagli anatomici, i quali non sono mai riusciti a dimostrare nel giro fornicato fibre di proiezione, ma solo fibre di associazione.

Sorgerebbe allora l'idea di potere ammettere che il giro fornicato costituisca un vero e proprio centro di associazione.

Sebbene i risultati delle nostre esperienze non contraddicano questa ipotesi pure non potremmo affermarla senza riserve. Avanziamo questa idea perchè indotti dal risultato negativo delle esperienze; senza pretendere però di volerne dare una dimostrazione: certamente gli studi anatomici e le idee di Muratow sono favorevoli a questo concetto. Nella sostanza bianca del giro fornicato che in queste esperienze è stata più o meno estesamente lesa, è noto che decorrono le fibre del cingolo, il quale non è costituito da fibre aventi tutta la lunghezza del fascio, ma da fibre corte che si ricurvano alle loro due estremità per condursi nelle masse bianche delle circonvoluzioni limitrofe. Quindi potrebbe benissimo attribuirsi alla interruzione di queste fibre, il più delle volte lese, la presenza dei vari disturbi di moto e di senso osser-

vati per le lesioni del giro fornicato. Del resto, sia che i disturbi osservati si considerino come fenomeni collaterali, sia che si considerino come dipendenti da interruzione di fibre di associazione fra questa regione e le vicine, riesce evidente come i centri delle funzioni lese siano soltanto in rapporti di relazione, ma non risiedano nel giro fornicato, sebbene nella vicina circonvoluzione marginale. Nè vale che France, esaminando in sei casi il sistema nervoso centrale delle scimie, alle quali Horsley e Schaefer avevano distrutto il giro fornicato (?), abbia trovato una degenerazione secondaria delle vie piramidali; perchè lo stesso Ferrier riconobbe nelle *Cronians Lectures* che tale degenerazione discendente deve attribuirsi alle inevitabili alterazioni che per asportare questa circonvoluzione devono portarsi sulla zona motrice.

I risultati delle nostre esperienze sul giro fornicato sono in piena contraddizione con quelli ottenuti da Horsley e Schaefer sulla stessa regione nella scimia. Dell'emianestesia crociata da essi largamente constatata, nelle nostre esperienze non vi è stato il lontano accenno. I passeggeri disturbi di sensibilità generale dei nostri cani sono legati ai disturbi di moto, e gli uni e gli altri dovuti agli inevitabili effetti traumatici della vicina zona sensorio-motrice. Cade così anche tutta la teoria del Ferrier e degli autori inglesi, del resto già abbastanza scossa sia dalla fisiologia che dalla clinica, sulla natura puramente motoria dei centri motori; ed i nostri risultati sono una nuova, e molto evidente conferma sulla teoria mista sensorio-motrice di cui si è parlato. e che oggi è generalmente ammessa dalla maggioranza dei fisiologi e dei clinici.

Del resto pare che dall'esame dei fatti clinici e sperimentali in questi ultimi anni, tanto Schaefer che Horsley per vie diverse siano venuti a questo modo di vedere.

Prendendo ora in considerazione l'intiera superficie interna del cervello potremmo, conoscendo la funzione del giro marginale e quella del giro fornicato, costruire *a priori* la somma dei disturbi consecutivi all'ablazione dell'intera superficie interna *in toto* o in parte. Non dovremmo avere in altri termini, dal momento che l'ablazione del giro fornicato dà risultati negativi, che i disturbi constatati per lesione del giro marginale; ad eccezione forse di una certa accentuazione degli effetti traumatici dovuti naturalmente alla maggiore estensione e profondità dell'ablazione che nei casi di lesione del giro fornicato è difficile limitare alla sostanza bianca della circonvoluzione, senza aprire il ventricolo laterale.

Nè più nè meno infatti di quanto potevamo prevedere, si è osservato nei cani **A** e **K**, in cui si è asportato il giro marginale insieme col giro fornicato; quasi completamente nella cagna **K**, solo in parte nel cane **A**.

Salvo adunque quella maggiore gravità del traumatismo preveduta, non abbiamo avuto nel cane **A** che presso a poco la somma dei disturbi notati nel cane **C**, nella cagna **K** e quelli ottenuti nel cane **I**.

Questo risultato può considerarsi come una prova di controllo dell'esattezza delle nostre osservazioni fatte sugli animali operati, sia di giro fornicato sia di giro marginale.

Di modo che, riassumendo i risultati dei nostri studi sulla superficie interna del cervello possiamo concludere che in questa vasta zona con esistono centri autonomi

sia di senso, sia di moto; ma nella parte che comprende tutta la circonvoluzione marginale si continuano e si ripiegano i vari centri della superficie esterna, e precisamente nella parte anteriore intorno al solco crociato, la zona sensorio-motrice; nella parte posteriore si estende la zona visiva; mentre tra loro si prolunga quella zona mista ove i centri vicini si ingranano (Luciani), e si mettono in relazione fra loro. Queste zone però non si estendono al sottostante giro fornicato, L'assenza di speciali disturbi notati frequentemente dopo la sua ablazione fa escludere che questa circonvoluzione possa esser sede di un centro sia di senso che di moto; la qual cosa ci ha indotti ad avanzare l'ipotesi appoggiata del resto dai fatti anatomici, che siamo in presenza di un vero e proprio centro di associazione.

VI.

Sulle degenerazioni consecutive all'asportazione della superficie interna del cervello [1].

Lo studio delle connessioni intime tra le diverse regioni del cervello medio delle masse grigie del ponte e del cervelletto, del midollo allungato e del midollo spinale riposa specialmente sul metodo embriologico, fondato sulla conoscenza dell'ordine successivo di mielinizzazione dei fasci, fisiologicamente differente, del neurasse, nonchè sull'anatomia comparata, sul metodo sperimentale delle degenerazioni secondarie, sull'osservazione clinica e anatomo-patologica.

Spiegare l'origine, il decorso, le terminazioni e le connessioni dei fasci di fibre nervose che costituiscono le vie corte e lunghe di associazione, non serve solamente a mostrare la struttura intima del sistema nervoso centrale, ma spesso è utile per spiegarne le funzioni.

Quantunque le differenti parti del sistema nervoso si sviluppino indipendentemente l'una dall'altra, pure fra loro contraggono intimi rapporti, in modo che le masse grigie inferiori del neurasse terminano direttamente o indirettamente nella sostanza grigia degli emisferi cerebrali e cerebellari.

Già Teodoro Meynert aveva descritto un numero considerevole di masse fibrillari del sistema nervoso di proiezione e di associazione. Egli diede il nome di fasci di associazione alle fibre arciformi che su ciascun emisfero associano anatomicamente le circonvoluzioni separate dai solchi.

Queste fibre sono, secondo Meynert, l'espressione, il legame dell'unità del cervello anteriore al quale essi unicamente appartengono mentre che i fasci di proiezione sono l'espressione della diversità degli organi ai quali vanno.

In questi ultimi tempi Flechsig, in seguito a numerose ricerche sullo sviluppo della mielina intorno alle fibre nervose degli emisferi, contrariamente alle teorie pre-

[1] Queste ricerche pubblicate nell'Archivio di farmacologia sperimentale e scienze affini, 1904, fasc. IV, furono eseguite colla collaborazfone di G. Genuardi studente laureando.

cedenti ha dimostrato, che una parte solo della corteccia centrale possiede fibre di proiezione, cioè fibre che la uniscono alle masse grigie inferiori dell'asse cerebro-spinale.

Le altri parti corticali sarebbero sprovviste di fibre di proiezione.

Non staremo qui a descrivere le parti della corteccia che costituiscono la zona dei centri di proiezione e le altre che costituiscono la zona dei centri di associazione, ma diremo soltanto che le deduzioni a cui è venuto Flechsig corrispondono esattamente a quelle che sono state trovate da altri anatomici, i quali si sono serviti delle degenerazioni secondarie.

L'importanza dello studio delle degenerazioni secondarie che si osservano dopo lesioni sperimentali o patologiche di parti del neurasse, è resa manifesta da molti lavori che in questi ultimi anni si sono pubblicati.

I progressi fatti con questi metodi di ricerca si sono notevolmente accresciuti dopochè Fritch e Hitzig annunziarono la loro scoperta dei centri psicomotori della corteccia cerebrale.

Da quell'epoca osservazioni anatomo-patologiche accurate, ricerche sperimentali condotte con una cura rigorosamente scientifica, metodi istologici nuovi, adatti a far differenziare le fibre degenerate da quelle sane, hanno portato molta luce sul decorso dei fasci del sistema nervoso centrale, ed hanno svelato fatti che erano prima del tutto sconosciuti.

Non possiamo però dire che l'intima struttura del sistema nervoso sia del tutto esplorata.

Molte lacune sono ancora da colmare perchè per certe regioni nervose, o i mezzi d'indagine non sono ancora adatti ed hanno bisogno di essere perfezionati, o esse si trovano in tal modo situate da non potere essere aggredite dal coltello dell'operatore.

Tra le regioni meno studiate si deve certamente includere la parte della superficie interna del cervello che va col nome di giro fornicato.

Circa trent'anni fa Ferrier emise una teoria di quella parte della corteccia cerebrale che ora comunemente si suol chiamare psico-motrice; cioè che in tal parte fossero localizzati i centri semplicemente motori, e che la sensibilità cutanea e muscolare fosse localizzata altrove.

Questa teoria non seguìta da quasi tutti i fisiologi che si sono occupati di questo argomento è ancora sostenuta dal Ferrier. Egli così la esprime: « I centri motori della corteccia non sono i centri della sensibilità tattile o generale, nè del senso muscolare; questi centri sono puramente motori, e quantunque uniti funzionalmente e organicamente, essi dal lato anatomico sono differenziati dai centri della sensibilità generale. Solo le lesioni della regione dell'ippocampo (corno D'Ammone e circonvoluzione dell'ippocampo) determinano disturbi della sensibilità generale del lato opposto a quello operato » (¹).

Le esperienze fatte da Ferrier sulla regione dell'ippocampo furono ripetute dai suoi allievi Horsley e Schaefer, i quali per suggerimento del loro maestro, estesero le loro ricerche al giro fornicato ed a tutto il resto del lobo falciforme di cui, la

(¹) Ferrier, *Les functions du cerveau*, Paris, 1878.

regione dell' ippocampo non è che una parte, allo scopo di verificare se vi si estendesse il centro della sensibilità generale.

L'esito diede ragione alle previsioni, inquantochè Horsley e Schaefer testimoniarono, che qualsiasi lesione del giro fornicato è seguìta da un' emianestesia più o meno evidente e duratura.

In base a questi risultati Ferrier combattè la distribuzione delle fibre sensitive che non fa irradiare questi fasci nella corteccia delle circonvoluzioni dell' ippocampo e del corpo calloso.

« È certo, egli afferma, che l'ipotesi del Flechsig sulla distribuzione delle fibre sensitive deve essere modificata ».

Contro però le opinioni di Ferrier, stanno le ricerche anatomiche dalle quali risulta, che i fasci sensitivi terminano nelle circonvoluzioni fronto-parietali del cervello; cosicchè i postulati di Ferrier e dei suoi discepoli non sono stati confermati, e restano isolati nel vasto dominio della scienza.

Hermann Munk ha severamente criticato i risultati di Horsley e Schaefer, facendo rilevare che i disturbi della sensibilità generale consecutivi alla distruzione della corteccia del giro fornicato non sono l'effetto della lesione di questa circonvoluzione, ma dipendono dal processo operatorio. Infatti per potere operare sul giro fornicato nel fondo della scissura interemisferica, si deve mettere a nudo una parte considerevole dei cosiddetti « centri motori delle estremità » legare le vene che da questa regione vanno al seno longitudinale, e indi allontanare l'emisfero dalla falce del cervello col manico del coltello, in guisa che è inevitabile una lesione dei territori motori della corteccia.

Horsley e Schaefer dicono, che in più casi sono riusciti da estirpare delle parti considerevoli di giro fornicato, senza lesione, o con una lesione insignificante della circonvoluzione marginale. Ma oltre il testo e le figure che li contraddicono, i disturbi di moto che sono stati notati in tutte le esperienze, dimostrano che il territorio motore della corteccia è stato sempre leso.

Ed infatti France, esaminando il sistema nervoso centrale delle scimmie, di cui Horsley e Schaefer avevano distrutto il giro fornicato, usando il metodo di Weigert-Pal, ha trovato una degenerazione secondaria delle vie piramidali, tanto nel ponte, che nel midollo allungato, quanto nel midollo spinale. Non riuscì però a descrivere fibre degenerate nella capsula interna. In base a queste risultanze Ferrier riconobbe che queste degenerazioni discendenti debbono essere attribuite alle lesioni più o meno gravi della circonvoluzione marginale e di altri centri motori che spesso accompagnano la distruzione del giro fornicato. D'altra parte, l'ipotesi del Ferrier, secondo il quale il centro della sensibilità generale ha sede nel giro fornicato e nella porzione ippocampale di questa circonvoluzione non è finora appoggiata da nessuna osservazione clinica.

I casi di lesioni limitate all'ippocampo sono così rare, che Ferrier dice di non averne osservato che uno solo. Si aggiungono poi i casi clinici dove i disturbi della sensibilità fanno difetto, in seguito anche delle più gravi lesioni dell'ippocampo. Finalmente dei casi di epilessia dove qualche volta sono stati constatati all'autopsia la sclerosi e l'atrofia del corno d'Ammone (Meynert, Snell, Tamburini) non si riscon-

trano alterazioni permanenti o circoscritte della sensibilità generale. Pur nondimeno, dal punto di vista sperimentale, Horsley, Schaefer, Langer-Brown, persistono a credere con Ferrier, che la distruzione delle regioni indicate determina un'emianestesia del lato opposto, e ciò quando una dimostrazione completa del fatto non è stata mai fatta dai medesimi fisiologi.

Per lo studio delle degenerazioni consecutive alle asportazioni del giro marginale e del giro fornicato della superficie interna del cervello, noi, adoperando i cani operati, abbiamo evitato tutti gl'inconvenienti a cui sono andati incontro Horsley e Schaefer. Infatti, colla legatura del seno longitudinale ai due estremi della breccia ossea praticata nella regione centrale del cranio, e con il susseguente taglio di esso insieme con la grande falce del cervello, è facile comprendere come, divaricando i due emisferi, si riesce facilmente a vedere tanto il giro marginale che il fornicato, evitando in questo modo che le parti adiacenti vengano rovinate.

Eliminate così le difficoltà dipendenti dal metodo operatorio, la ricerca delle degenerazioni consecutive assume un'importanza massima, e di ciò noi abbiamo voluto occuparci.

Per le ricerche istologiche ci siamo serviti del metodo Weigert-Pal e del metodo Marchi. Al primo metodo sottoponemmo i cervelli di due cani, il primo dei quali era stato operato di giro marginale, e il secondo di tutta la superficie interna; col metodo Marchi invece trattammo i cervelli di due cani operati di solo giro fornicato.

Il cane **A** operato di giro marginale e il cane **B** operato di superficie interna del cervello furono uccisi sei mesi dopo l'operazione; i cani **C** e **D** studiati poi col metodo Marchi, furono uccisi circa un mese dopo l'operazione.

Descriveremo prima le degenerazioni osservate nei primi due cani, e rammenteremo che il cane **A** presentò dopo l'estirpazione del giro marginale di destra paresi di moto e di senso a sinistra, e gravi disturbi di vista in ambedue gli occhi, ma specialmente nel sinistro. Però, mentre i disturbi di vista gradatamente si dileguarono, le paresi di moto e di senso persistettero sino alla morte, quantunque in grado attenuato. Con la necroscopia si è constatato che la lesione si estendeva in avanti sin quasi al giro sigmoide, e indietro presso il polo occipitale senza raggiungerlo. L'emisfero cerebrale corrispondente al lato della lesione appariva diminuito di volume. Il cervello è stato tagliato orizzontalmente, mentre il midollo allungato e il midollo spinale sono stati tagliati in senso trasversale.

Nelle sezioni superiori si osserva, anche ad occhio nudo, la quasi completa assenza del fascio di fibre corrispondenti al giro marginale della parte lesa. Nelle sezioni più profonde tale fascio comincia ad apparire più colorato, ma meno nettamente di quello del lato opposto. All'esame microscopico si distingue meglio la degenerazione del fascio di fibre cosrispondenti al giro marginale del lato leso (v. tav. III, fig. I). Le fibre degenerate appartengono alcune alle vie corte di associazione, altre alle vie lunghe, interessando tutta la lunghezza del giro; ovvero raggiungono le circonvoluzioni vicine del lobo parietale dello stesso lato.

Nella capsula interna destra (v. tav. III, fig. II) si nota un assottigliamento, sia nel segmento anteriore, sia nel ginocchio e nel segmento posteriore; però al microscopio non si riscontra un vero e proprio fascio di fibre degenerate, inquantochè queste si

trovano sparse. Così confrontando il talamo ottico della parte lesa con quello del lato opposto, si notano nel primo piccole zone chiare che all'esame microscopico sono riconosciute come gruppi di fibre degenerate. Nei vari tratti del midollo spinale in corrispondenza del segmento posteriore del cordone laterale tanto a destra quanto a sinistra ma più estesamente a sinistra, si osserva (v. tav. III, fig. III) una zona chiara ovoidale di fibre degenerate corrispondente all'area del fascio piramidale laterale.

Nel cane **B**, come abbiamo detto, l'asportazione interessa tutta la superficie interna di destra (giro marginale e giro fornicato) del cervello. I disturbi osservati in vita consistettero in paresi di moto e di senso a sinistra, accentuati in principio, lievi poi ma sempre persistenti. L'anestesia del lato sinistro si riduce a lieve ipoestesia, però i disturbi visivi e del senso muscolare notevoli dopo l'operazione, scomparvero completamente dopo un certo tempo. Alla necroscopia si constatò che l'ablazione del giro fornicato era quasi completa, e che quella del giro marginale si estendeva in avanti sin presso il giro sigmoide e indietro vicino al polo occipitale. Anche qui si notò una sensibile diminuzione del volume dell'emisfero cerebrale del lato leso.

Dallo studio delle sezioni longitudinali risultò che i fasci di fibre di associazione presentano le medesime degenerazioni che abbiamo riscontrato nel cervello del cane **A**, però, qui sono un poco più estese, ed è interessante anche « il cingulum » il quale è quasi tutto degenerato. Un numero maggiore di fibre degenerate si trovano anche nel talamo ottico, nel nucleo caudato e nella capsula interna dello stesso lato. La capsula interna di destra si presenta anche ad occhio nudo evidentemente assottigliata, e le degenerazioni riscontrate nel corpo calloso sono più numerose che nel cane precedente. Nei tagli trasversali del midollo spinale si osserva, come nel cane **A**, un'area di fibre degenerate nel segmento posteriore del cordone laterale corrispondente al fascio piramidale laterale. Questa degenerazione è evidente in ambedue i lati, però molto più estesa a sinistra.

Il cane **C** subì l'asportazione del giro fornicato destro. Dopo l'operazione mostrò evidenti disturbi di moto e di senso nel lato sinistro e cecità prevalentemente a sinistra. Tali disturbi si dileguarono in breve periodo di tempo, solo si notò qualche chiazza alopecica nel lato sinistro. Il cane venne ucciso con la stricnina 27 giorni dopo l'operazione, ed alla necroscopia si trovò che la lesione comprendeva quasi tutto il giro fornicato. Il cervello ed il midollo spinale tagliati in piccole sezioni verticofrontali sono stati trattati col metodo Marchi.

Nei preparati che riguardano il midollo spinale (v. tav. III, fig. IV) e il midollo allungato non si notano fibre degenerate nè sparse, nè riunite in fasci. Nel cervello invece si rinvengono molte fibre degenerate, sia nel centro ovale dello stesso lato che in quello del lato opposto.

Nel lato della lesione si osservano gruppi di fibre degenerate sia nella sostanza bianca del lobo frontale che in quella del lobo occipitale. Queste fibre evidentemente appartengono a quel fascio di associazioni che decorre lungo il giro fornicato e che è chiamato « cingolo ». Esse si possono seguire sin verso gli strati corticali, ma non si può escludere che in parte esse siano fibre di associazione del giro fornicato. In maniera meno evidente e certamente in numero molto esiguo appaiono le fibre degenerate in quella parte del centro ovale che corrisponde al lobo parietale. Nel lobo

anteriore dell'emisfero del lato leso e in avanti, abbiamo trovato un fascio ben delimitato di fibre degenerate della figura di un triangolo isoscele a base molto lunga e rivolta verso la superficie interna del cervello, mentre l'apice è rivolto verso la superficie esterna. La parte più assottigliata di questo triangolo si piega ad uncino, rivolgendosi all'esterno dove si confonde con le fibre normali. Questo fascio occupa la parte più interna del centro ovale del lobo frontale.

Un altro fascio di fibre degenerate, anche esso ben delimitato ma di forma più irregolare del precedente, si nota pure in corrispondenza degli strati sotto corticali della superficie interna del lobo frontale destro.

Questi due fasci degenerati nelle sezioni posteriori occupano quella parte della circonvoluzione limbica, che si ripiega in avanti; ma nelle sezioni anteriori corrispondono a quella parte della superficie interna del lobo frontale che nell'uomo corrisponde alla circonvoluzione frontale interna. Adottando la descrizione del « cingolo » fatta da Beevor, noi crediamo che i fasci trovati in degenerazione del lobo frontale, rappresentano l'estremità anteriore del tratto orizzontale del « cingolo ». Le fibre di questo fascio di associazione infatti arrivate al livello del ginocchio del corpo calloso, in parte si ripiegano ad uncino decorrendo al disotto di esso, e in parte si continuano verso l'estremità anteriore del lobo frontale dove finiscono disponendosi a ventaglio.

Si sono riscontrate inoltre fibre degenerate sia nella trave del corpo calloso, sia nel fornice.

Questi fatti evidentemente dimostrano che nel giro fornicato decorrono fibre le quali in parte sono di associazione, perchè si dirigono alle circonvoluzioni dello stesso emisfero, e in parte ripiegandosi, passano attraverso le commessure intercerebrali, andando a terminare nell'emisfero. Queste ultime fibre sono quindi commessurali, e la esistenza di esse finora, per quanto noi sappiamo, non è stata notata da alcuno. L'assenza poi di fibre degenerate nella capsula interna e nei fasci piramidali, sia del bulbo che del midollo spinale, mostra chiaramente che nel giro fornicato non esistono fibre di proiezione.

Il cane **D** fu operato pure di giro fornicato. Prima dell'asportazione si fece l'eccitazione elettrica del giro fornicato, la quale riuscì completamente negativa. Durante la sopravvivenza si notarono i medesimi disturbi transitori del cane **C**. Le degenerazioni studiate col metodo Marchi diedero i medesimi risultati di quelle riscontrate nel cervello del cane **C**. Si notò infatti l'assenza di degenerazione nel midollo allungato, nei peduncoli cerebrali e nella capsula interna. Le degenerazioni riguardano soltanto le fibre associative e commessurali. Esse si trovano nella parte del centro ovale che corrisponde ai lobi frontali parietale ed occipitale, sia dell'emisfero corrispondente alla lesione, sia dell'emisfero opposto.

Riassumendo le ricerche fatte, diremo che con l'asportazione del giro marginale si ledono le fibre di proiezione, poichè si osservano degenerazioni che dalla capsula interna vanno sino al midollo spinale. Anzi nel modollo spinale le degenerazioni sono state trovate bilaterali, la qual cosa si spiega ammettendo la teoria di Pitres il quale dimostrò che nel midollo allungato del cane non avviene la decussazione completa dei fasci piramidali laterali, poichè una parte delle fibre componenti tali fasci

passa direttamente nel cordone spinale dello stesso lato. Medesimi risultati si ottengono operando di giro marginale e di giro fornicato.

Invece asportando questa ultima circonvoluzione le degenerazioni interessano soltanto le vie commessurali e di associazione.

Non possiamo quindi attribuire al giro fornicato l'importanza datagli dal France [1] il quale, esaminando il cervello delle scimmie operate da Horsley e Schaefer, aveva constatato la degenerazione delle vie piramidali. Ciò non dipese che dal fatto che i suddetti sperimentatori avevano insieme al giro fornicato leso il giro marginale in quella parte che ha funzione psico-motrice. È degno di nota che il France, pur avendo materiale di studio abbondante, non si sia occupato che della sola ricerca delle degenerazioni delle vie di proiezioni lasciando completamente inesplorata tutta quella parte che riguarda il decorso delle vie commessurali ed associative. Il nostro lavoro colma in parte queste lacune. È vero che la descrizione delle vie associative e commessurali del giro fornicato è stata fatta, ma essa è dovuta allo studio di casi patologici abbastanza scarsi nella letteratura medica e mai a quello di lesioni sperimentali.

VII.

Sulla fisiologia dei talami ottici.

Dai fenomei osservati nei cani che subirono la sezione longitudinale del corpo calloso, noi deducemmo che questa operazione non porta come conseguenza alcun sintoma di alterata sensibilità e motilità; onde pensammo di valerci di questa via come processo operatorio per raggiungere i nuclei grigi centrali.

La fisiologia dei talami ottici è ancora molto oscura. Gli sperimentatori che si sono occupati di essi, mentre notano che non si riesce mai a produrre in due animali l'identica lesione, hanno emesso sulla fisiologia di queste parti dell'encefalo una quantità di ipotesi monche, incoerenti e contraddittorie. Ciò evidentemente dimostra la scarsezza di buoni e solidi dati di fatto, sui quali fondarono una dottrina scientifica riguardo alla funzione dei talami ottici; scarsezza di dati dovuta alle enormi difficoltà tecniche riscontrate dagli sperimentatori e alla mancanza di esatte osservazioni fisiologiche e cliniche sull'argomento. Certamente con i metodi antichi i quali presupponevano necessariamente enorme distruzione dei centri nervosi per poter raggiungere i talami, sia con strumenti, che per mezzo di iniezioni di sostanze irritanti, non si poteva ottenere di meglio. Ora il metodo da noi proposto riesce benissimo allo scopo; con esso infatti si arriva ai talami con la semplice sezione longitudinale di breve tratto del corpo calloso; lesione che, come è stato già ripetuto, non produce alcuna alterazione nè di senso, nè di moto.

[1] France, *On the descending degeneration with follow lesion of the gyrus marginalis and gyrus fornicatus in Monkeys.* Phil. Trans. London, 1889.

Tra gli autori che si occuparono in tempi molto remoti dei talami ottici, il primo è Saucerotte ([1]) il quale parla di funzioni motrici specialmente localizzate agli arti superiori. L'opinione emessa da Saucerotte venne confermata da Serres e Loustau ([2]). nelle loro esperienze sui cani.

Parimenti Laffargue ([3]), Magendie ([4]), Longet ([5]), Lussana e Lemoine ([6]) e Flourens ([7]) attribuiscono al talamo una funzione motrice, avendo costantemente osservato negli animali operati, movimento di maneggio e deviamento tanto degli arti che di tutto il corpo verso il lato sano, cioè verso il lato opposto a quello dove si era fatta l'asportazione. Anche Schiff ([8]) osservò il movimento di maneggio, ed estese la funzione dei talami ammettendo la contrazione dello stomaco e dell'intestino, opinione poi confermata da Valentin ([9]) e da Budge ([10]).

I su citati autori operavano facendo con uno strumento tagliente una sezione al talamo attraverso gli emisferi, i quali venivano lesi insieme ad altre parti vicine al talamo ottico tra cui spesso il peduncolo cerebrale. Inoltre le osservazioni duravano per poche ore dopo l'operazione di talamo ottico, di modo che essi non potevano mai stabilire i fenomeni di *deficit*, i quali venivano confusi con quelli traumatici e irritativi.

Il metodo quindi fu abbandonato, e Fournié ([11]) adoperò quello adottato già prima da Beaunis ([12]), il quale se ne serviva per produrre nel cervello distruzione di sostanza nervosa per mezzo di iniezioni di liquidi corrodenti. Per mezzo di un orificio praticato nella volta cranica, egli inietta nel talamo per mezzo di un ago-canula, penetrante attraverso dell'emisfero cerebrale, alcune gocce di una soluzione caustica di floruro di zinco colorata in bleu dall'anilina o di soda concentrata colorata dal carminio. Tra i fenomeni osservati egli insiste specialmente in quelli di eccitazione cerebrale, abolizione della sensibilità, ecc. Egli dice che la sensibilità quasi sempre è abolita; quando la lesione si è effettuata nella parte anteriore, allora c'è la perdita dell'olfatto, e quando avviene nella parte posteriore, quella dell'udito. Il talamo ottico quindi è, secondo Fournié, *il centro delle percezioni semplici*, *centro al quale vengono tutte le fibre sensitive, e la sua distruzione che coincide con la perdita di tutti i sensi e con la conservazione del movimento*, *ci autorizza ad ammettere che il punto dove lo stimolo è trasformato in percezione si trova nei talami ottici.*

([1]) Saucerotte, *Mémoire sur les contrecoups dans les lesions de la tête,* 1769.
([2]) Serres e Loustau, *Anatom. comp. du cerveau,* 1827.
([3]) Laffargue, *Thèse de Paris,* 1888.
([4]) Magendie, *Leçons sur les fonctions cérébrales,* 1839.
([5]) Longet, *Anat. et pyhs. du syst. nerveux,* 1846.
([6]) Lussana e Lemoine, *Fisiologia dei centri nervosi,* 1865.
([7]) Flourens, *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1842.
([8]) Schiff, *Lehrbuch der Pyhs. des Menschen,* 1857.
([9]) Valentin, *Lehrbuch der Pyhsiologie.*
([10]) Budge, *Untersuch. über das Nervensysten.*
([11]) Fournié, *Recher. exp. sur les fonct. du cerveau.* Paris, 1873.
([12]) Beaunis, Bull. Acad. de méd., 1858; Gaz. méd. Paris, 1872.

Con questo metodo non si possono ottenere delle lesioni esattamente localizzate, perchè le iniezioni portano con sè una diffusione del liquido, il quale si infiltra negli spazi linfatici perivascolari, oppure è assorbito dai vasi e portato al di là della sede della puntura producendo così altre alterazioni. L'autore stesso ha riconosciuto questi fatti, e riporta dei casi nei quali dopo iniezione fatta del talamo ottico di un lato, trovò all'autopsia rammollito il talamo del lato opposto. Inoltre, dal fatto che gli animali operati da Fournié sopravvissero pochissime ore, non si può certo dare ad esse nessunissima importanza, tenuto poi conto che quest'autore cloroformizzava gli animali.

Posteriormente Veyssière [1], allievo di Charcot, pubblicò sullo stesso argomento un lavoro sperimentale. Per fare le lesioni egli adopera il metodo delle iniezioni di Beaunis, servendosi prima dell'acido cromico, poi della gomma densa per evitare la diffusione del liquido, poi in fine provò anche lo jodio finemente polverizzato. Posteriormente abbandonò questo metodo, e si servì del ben noto trequarti munito di alette, che si facevano uscire nel punto che si voleva distruggere. Egli conchiude che le lesioni del talamo ottico non danno disturbi della sensibilità, la quale è lesa, soltanto quando si è alterata la capsula interna nella sua parte posteriore e superiore.

Nello stesso anno Nothnagel [2], con metodi simili, arriva a risultati un po' differenti. Inietta ai conigli una mezza goccia di acido cromico nel talamo ottico, o fa delle distruzioni con un apparecchio simile a quello di Veyssière, ma non trova alcun disturbo nè di moto, nè di senso, ma sibbene una paresi dei movimenti di protezione e di difesa e la perdita del senso muscolare. Di modo che conclude che le vie della motilità e della sensibilità non passano pei talami ottici. Egli fa di questi gangli il *centro dove si trasformano in movimento le impressioni sensitive*. I risultati di Nothnagel, poco si possono prendere in considerazione, sia perchè le deduzioni che egli fa non sono in corrispondenza con i fenomeni osservati, sia perchè l'animale adoperato (il coniglio) è, dal punto di vista cerebrale, poco adatto per servire come soggetto di simili studi.

Non vogliamo dimenticare gli studi fatti da Luys [3] il quale ha sostenuto la funzione sensitiva del talamo. Egli ha considerato questo nucleo, basandosi su dati anatomici e clinici come un vero *sensorium commune*, cioè come un centro di percezione per le diverse specie di sensibilità, le quali si riuniscono in esso per poi irradiarsi nella corteccia cerebrale. Le impressioni tattili, dolorifiche, ottiche, acustiche, olfattive, gustative, genitali, viscerali, secondo questo autore, arrivano a questi nuclei di sostanza grigia, e lì, oltre che concentrarsi, si modificano per rivestire una forma nuova, rendendosi *più assimilabili per le operazioni cerebrali ulteriori e divenire così progressivamente gli agenti spiritualizzati dell'attività delle cellule cerebrali.*

Ferrier [4] segue in parte questa teoria, sostenendo che il talamo non possiede azione motrice. Egli, oltre ad aver fatto l'eccitazione elettrica del talamo che è riu-

(1) Veyssière, *Thèse de Paris*, 1874.

(2) Nothnagel, *Traité clinique du diagnostic des maladies de l'encéphale* (Trad. franç., Paris. 1885); Zeitschr. f. Klin. Med., 1889; *Congr. f. innere Medic. zu Wiesbaden*, 1887.

(3) Luys, *Le cerveau et ses fonctions*. Paris, Baillière, 1876.

(4) Ferrier, *Les fonctions du Cerveau* (Trad. Franç., Paris 1878).

scita negativa, sostiene di aver leso in una scimia questo ganglio, penetrando lateralmente dalla faccia esterna del cervello attraverso il lobo temporale, e di aver ottenuto dei disturbi di sensibilità e di cecità unilaterale. Conclude che è necesssrio di fare una lesione molto estesa del talamo per provocare disturbi sensitivi. Per Ferrier, « *i gangli della base, il corpo opto-striato formano un centro inferiore al centro superiore emisferico, per il legame che esiste tra l'impressione e l'azione, centro inferiore che basta in certi animali (coniglio e cane) per tutti i movimenti divenuti automatici; ma nella scimmia e nell'uomo questi movimenti sono divenuti troppo complessi, troppo differenziati per non aver bisogno del concorso e dell'aiuto dell'intervento emisferico, campo cosciente.*

Carville e Duret (1) dicono che l'eccitazione del talamo ottico fatta per mezzo della corrente galvanica è negativa. Per ciò fare, essi tolgono ai loro animali la massa emisferica e mettono allo scoperto il talamo. Concludono che questi gangli o sono la sede della percezione bruta delle sensazioni periferiche, la cui elaborazione si farebbe forse nei lobi occipitali, o sono il luogo di trasformazione e di elaborazione delle sensazioni.

Laborde (2) e il suo allievo Lemoine (3) osservano, come Ferrier, anestesia del lato opposto. Lemoine in un primo tempo operò iniettando acido osmico, ma poscia per mezzo di un trequarti egli faceva penetrare una data quantità di sangue nell'encefalo. Il sangue proveniva da un secondo animale (coniglio), un'arteria del quale era unita al trequarti per mezzo di una cannula e di un tubo di gomma. Soltanto una volta egli riuscì a produrre un focolaio emorragico quasi del tutto localizzato al talamo, e l'autore notò allora dei disturbi di sensibilità generale e speciale del lato opposto. Questo animale sopravvisse poco tempo, e presentò fenomeni di eccitazione cerebrale, di modo che i risultati di Lemoine sono troppo poco numerosi per essere convincenti. A questo si aggiunga che l'autore non fece alcun esame microscopico della parte lesa.

Laborde constata pure che la faradizzazione dei talami non è seguìta da fenomeni motori, e dalle sue esperienze fatte con Lemoine, concluse che *i talami ottici costituiscono centri per la funzione della sensibilità.*

Nel 1883 Bechterew (4) pubblicò il suo primo lavoro sulle funzioni del talamo, lavoro poi accresciuto e completato negli Archivi di Virchow nel 1887.

Bechterew insieme al suo allievo Mislawski (5), opera su animali diversi, uccelli e mammiferi, ed eccita il talamo, sia per semplice puntura, sia per elettrizzazione faradica, dopo avere aperto il ventricolo laterale per arrivare al talamo ottico. Egli conclude che questo organo ha una doppia funzione motrice e sensitiva; sarebbe cioè

(1) Carville et Duret, Arch. de Phys., 1875.

(2) Laborde, *Traité élém. de Phys.*, 1892.

(3) Lemoine, *Thèse de Paris*, 1880.

(4) Bechterew, Pflüger's Archiv., XXXI; Neur, Centr., 1883; Arch. f. Psych., Bd. XXVI; Virchow's Archiv, vol 110; Rev. de Psych. et Neur. 1904; Monatsch. f. Psych. und Neur., 1905; *Les voies de conductions du cerveau et de la moelle* (Trad. Française, Paris, 1900). Neurulog. Centralbl., 1894, 1906.

(5) Bechterew e Mislawski, Arch. f. Anat. und. Phys., 1889, 1891; Neurolog. Centralbl. 1886, 1888, 1890,

in rapporto con la funzione dei movimenti involontari e con le percezioni sensitive. Per questi Autori inoltre il talamo ottico rappresenta il centro sottocorticale dei movimenti di masticazione e di deglutizione, avrebbe inoltre un'azione inibitrice sul piloro e sulla regione pilorica, influenzerebbe la secrezione intestinale arrestando i movimenti peristaltici dell'intestino tenue e delle altre parti del tubo intestinale a seconda il nucleo del talamo leso. Nella parte anteriore del talamo si troverebbero sempre secondo questi autori russi, i centri d'innervazione della vescica, del retto e della vagina; inoltre l'eccitazione del talamo porterebbe un'elevazione della pressione sanguigna e anche un arresto del cuore in diastole. Proseguendo nelle loro esperienze i suddetti autori ammettono un'influenza evidente del talamo sulla secrezione lacrimale, sulla pupilla che si dilata e sui globi oculari che protuberano. Inoltre si sostiene anche un'influenza dei talami ottici sulla respirazione.

Riassumendo, dalle numerose ricerche fatte da Bechterew e dai suoi allievi risulta che i talami ottici hanno un'azione sul respiro, sui movimenti del cuore, dello stomaco, dell'intestino, sul retto, sulla vescica e sulla vagina, sulla secrezione lacrimale e sul sistema nervoso vaso-motorio. In una parola *i talami ottici presiedono alle funzioni della vita vegetativa; inoltre in essi vi sono dei centri per l'espressione dei movimenti innati riflessi, influenza motrice; essi hanno anche influenza sulla sensibilità.*

La determinazione dei numerosi centri situati da Bechterew nel talamo ottico, è basata sui risultati ottenuti in massima parte per mezzo dell'eccitazione elettrica. Evidentemente questo metodo, adoperato dopo l'asportazione dell'emisfero lascia molto a desiderare, e i risultati ottenuti dagli autori russi hanno bisogno di nuove conferme. Rammentiamo finalmente che altri autori hanno localizzato nel talamo centri termici e centri vaso-motori.

Gli autori di cui ora faremo cenno, hanno lavorato sul talamo ottico dopo la comparsa delle nostre brevi note sperimentali; tra essi notiamo prima Sellier e Verger [1], i quali, come già abbiamo detto precedentemente, applicarono il processo della distruzione per mezzo dell'elettrolisi allo studio dei centri nervosi. In questo modo essi riuscirono a fare dei piccoli focolai di distruzione localizzata sia al nucleo caudato sia alla capsula interna che al talamo ottico. Per questo ultimo ganglio notano: 1) disturbi della sensibilità tattile e della nozione di posizione degli arti, disturbi che scompaiono dopo alcuni giorni; 2) l'assenza di modificazione della sensibilità al dolore e di disturbi della motilità.

Gli autori concludono: 1) che *le lesioni anche piccole del talamo, portano la sindrome tipica dell'emianestesia detta organica o capsulare;* 2) che *la distruzione del segmento anteriore o esterno del talamo non dà disturbi visivi;* 3) che *anche dopo distruzione del giro sigmoide, la guarigione dell'emianestesia può avvenire;* 4) che *l'elettrolisi bipolare è il miglior processo per ottenere distruzioni localizzate, che i due terzi degli animali sono utilizzabili, mentre Lo Monaco non ne può conservare che un quinto, e che in fine con questo processo si ottengono vere lesioni senza partecipazione*

[1] Sellier e Verger, Arch. de physiol., 1898; Soc. de Biol. de Bordeaux (Mém. de Biol. de Paris), 1903; Arch. d'électr. méd., 1895 e 1898.

di movimenti forzati che sono dovuti ad altre lesioni sopragginnte. In verità il nostro metodo non merita una tale critica. È vero che per essere eseguito, occorre molta pratica operativa e si va incontro ad emorragie, dovute specialmente alla rottura delle vene ascendenti che immettonsi nel seno longitudinale superiore; però offre il vantaggio che la lesione viene esattamente fatta, e che l'emorragia, dovuta all'asportazione, trova una via di uscita e quindi non comprime le parti circostanti. Il metodo della distruzione elettrolitica che invece è molto più facile e non richiede che pochissima pratica operatoria, presenta d'altra parte i difetti dei processi ciechi, la qual cosa porta con sè poca sicurezza dello studio dei fenomeni susseguenti all'operazione. Inoltre anche con questo metodo molti animali si perdono per emorragia interna la quale poi in tutti i casi produce delle distruzioni per conto proprio; di modo che per ciascun animale occorrerebbe di fare l'esame microscopico completo. Dei risultati ottenuti dagli autori francesi che in massima parte confermano i nostri, ci occuperemo alla fine di questo capitolo.

Rammentiamo ora i lavori di von Monakow (1) il quale ha studiato in modo speciale i talami ottici dal lato anatomico. Quest'autore, appoggiandosi ai suoi numerosi lavori sperimentali e clinici, fa dei talamí ottici una parte importante degli apparecchi centrali per la percezione dell'impressioni sensoriali e sensitive.

In questi ultimi tempi un altro autore che si è occupato molto dei talami ottici è Probst (2) di Vienna, il quale per produrre la distruzione dei talami ottici riprende il processo di Veyssière leggermente modificato. Adopera una cannula con un uncino nascosto, e penetra nella scissura interemisferica attraverso il corpo calloso, usufruendo così del nostro metodo. In questo modo Probst riuscì a fare lesioni più o meno localizzate al talamo ottico sui cani, sui gatti e anche su una scimmia. In questi animali, dopo l'operazione, egli notò deviazione e contrattura della testa, nistagmo e movimenti di maneggio che si fanno dal lato della lesione. Questi fenomeni sono di corta durata, spariscono cioè dopo alcuni giorni, mentre come fenomeni duraturi, l'autore nota l'emianopsia del lato opposto, diminuzione della sensibilità tattile, perdita del senso muscolare e infine un leggero grado di paresi; questi disturbi si manifestano negli animali nei movimenti delicati e combinati, come nell'atto di scegliere con la mano per la scimmia, mentre che spontaneamente sono possibili i differenti movimenti delle dita delle mani. Finalmente Probst nota disturbi di gusto e di odorato del tutto dubbi.

Riparando a una dimenticanza, diremo brevemente del lavoro di Castellino (3), il quale col metodo di Nothnagel e Veyssière fece delle distruzioni nei piccioni, nei conigli e nei cani e osservò sia nelle lesioni anteriori che nelle posteriori, movimenti

(1) Von Monakow, Arch. f. Psych., 1895; Gehirnpathologie, 1905.

(2) Probst, Archiv. f. Psych., Bd. XXXIII, H. I e H. 3. Bd. XXXV, H. I.; Deutsche Zeitschr, f. Nervenheil., Bd. XIII, Bd. XV, Bd. XVII; Monatschr. f. Psych. und Neur., Bd. IX, Bd. V; idem 1902. Arch. f. Anat. und Phys. Anatom., Abteil. 1902; Wiener. klin. Wochenschr., 1902; Aus den Sitzungsberich. der Kaiser. Akad., d. Wissensch. in Wien, Mathem. natur. Klasse, Bd. CXIV. Abt., III, April 1905.

(3) Castellino, Bollettino della Reale Accademia medica di Genova VIII, n. 14. 1893 e Wiener klin. Woch., 1895.

di maneggio dal lato opposto della lesione con tendenza a cascare da questo lato. Per quest'autore i talami ottici sono organi complementari dei centri motori e specialmente dei centri del senso muscolare e suscettibili di supplirli. Finalmente May [1] fece in molte scimmie la distruzione del talamo ed osservò emianestesia ed emianopsia del lato opposto, deviazione della testa dal lato della lesione. In 15 casi su 16 l'autore nota paralisi motrice del lato opposto a causa della lesione concomitante del fascio piramidale; in 9 casi emianopsia definitiva, in 8 casi deviazione della testa, in 4 casi ineguaglianza pupillare. Qualche volta l'autore osservò del nistagmo.

Per finire l'esposizione di quest'argomento che tanto ha interessato i fisiologi e e gli anatomici, non ci resta che di riferire sul lavoro di Roussy [2] del quale ci siamo giovati nella compilazione della parte storica e di quello del Sachs recentemente comparso nel *Brain* [3].

Quest'ultimo autore sotto la direzione di Horsley e di Clarke, opera sulle scimmie e sui gatti col metodo elettrolitico, e si propone: 1) di fare lesioni localizzate nella corteccia per studiare poi anatomicamente il decorso delle fibre cortico-talamiche; 2) di fare lesioni nel talamo e di studiare poi il decorso delle fibre talamo-corticali, e gli altri fasci di fibre che hanno relazione colla lesione; 3) di osservare i fenomeni dell'eccitazione elettrica del talamo e delle parti adiacenti. Del primo gruppo di ricerche ci occuperemo nel capitolo seguente, quando cioè descriveremo le degenerazioni consecutive all'asportazione del talamo ottico. Diremo qui soltanto che il Sachs faceva le lesioni servendosi dell'acido nitrico, e neutralizzando l'eccesso dell'acido posto sulla corteccia con bicarbonato di soda. Nel secondo gruppo sono comprese le scimie e i gatti operati di talamo col metodo elettrolitico e con l'uso dello strumento steriotassico di Clarke, descritto nel vol. XXI (1908) del *Brain*. L'autore si meraviglia che sia nelle 22 scimie, che nei 4 gatti da lui operati, non ha mai osservato nè movimenti di maneggio, nè disturbi di emianopsia. Nulla dice in riguardo ai disturbi di motilità e di sensibilità.

Nelle ricerche riguardanti l'eccitazione del talamo, il Sachs trova che il nucleo anteriore e il nucleo medio di esso sono ineccitabili. Invece il nucleo laterale produce movimenti nei globi oculari e negli arti a seconda il punto che viene eccitato; mentre il pulvinar dà, eccitato, movimenti degli occhi con dilatazione della pupilla. Gli animali operati dal Sachs evidentemente furono fatti sopravvivere per pochi giorni all'operazione, e ciò allo scopo di utilizzare i cervelli per lo studio anatomico col metodo di Marchi.

La medesima preoccupazione ha guidato il Roussy nelle sue ricerche; ricerche eseguite col metodo elettrolitico e riguardanti una scimia, due gatti e due cani la cui sopravvivenza massima è di circa 40 giorni. Anche Sellier e Verger i quali sperimentarono dopo di noi confermandone i risultati, mantengono i cani operati per pochissimi giorni, non sufficienti certamente per lo studio esatto dei sintomi di deficienza dovuti all'organo distrutto. Noi sin da ora vogliamo rammentare che i cani

(1) May, citato da G. Mann, nel British Journ., febbraio 1905.
(2) Roussy, *La couche optique*, Paris, 1907, Steinheil Éditeur.
(3) Sachs, Brain, vol. XXXIII, 1909, pp. 95-186.

sopravvissuti all'asportazione del talamo da noi fatta, furono tenuti in vita per moltissimi mesi ed anche per più anni. Cade perciò quello che gratuitamente dice il Roussy, il quale afferma che noi esaminammo gli animali per quei pochi giorni che sopravvissero all'operazione, senza aspettare la fine dei sintomi irritativi.

Il Roussy, opera col nostro metodo operatorio che lui chiama *méthode sanglante*, otto animali dei quali soltanto uno visse 10 giorni e fu ucciso dall'autore perchè molto sofferente. Egli perciò rifiuta il nostro metodo, e ricorre a quello più facile delle elettrolisi. Siamo dispiacenti che il Roussy non sia riuscito a tenere in vita gli animali operati col nostro metodo. Certamente se egli vi avesse insistito, avrebbe avuto dei successi come li abbiamo avuti noi, ottenendo così il vantaggio di conoscere nei cani sopravvissuti la parte del talamo di cui essi erano mancanti. D'altra parte col metodo cieco dell'elettrolisi. il Roussy ha avuto pochi successi in quanto che, come abbiamo detto, soltanto 5 animali sopravvissero all'operazione.

Nelle poche settimane di sopravvivenza degli animali operati, il Roussy rilevò come sintomi positivi: 1) movimenti di maneggio; 2) disturbi della sensibilità superficiale e profonda; 3) emianopsia; 4) disturbi dell'udito (in due casi).

Secondo l'autore però i movimenti di maneggio sono dovuti alle lesioni degli organi vicini e specialmente a quelle della calotta peduncolare e dei tubercoli quadrigemini; l'emianopsia è dipendente da lesione di vicinanza (bandelletta ottica, radiazioni ottiche, corpo genicolato esterno) e i disturbi uditivi sarebbero dovuti a lesione dei tubercoli quadrigemini e della calotta peduncolare. Come sintomo quindi dovuto all'asportazione del talamo ottico non resta secondo l'autore che l'emianestesia del lato opposto alla lesione. In ciò egli conferma le conclusioni di Sellier e Verger e di tutta la scuola francese che sostiene la medesima teoria. Facciamo però notare che l'emianestesia, al pari degli altri sintomi, è stata dall'autore vista diminuire dopo alcuni giorni dall'operazione. Finalmente l'autore nega che per lesione del talamo ottico si possano avere disturbi paralitici, contratture, convulsioni, fenomeni di eccitazione cerebrale, disturbi dell'espressione mimica, disturbi sfinterici o secretori.

Le esperienze da noi eseguite sull'asportazione del talamo ottico, ebbero principio nel 1897 e furono proseguite fino al 1899, per essere poi riprese nel 1903. L'animale da noi scelto è stato sempre il cane, soltanto una volta operammo una scimia, la quale morì un giorno dopo l'operazione. Non ritornammo ad operarne altre, sia per il costo molto alto di esse, sia perchè poco si prestano all'operazione eseguita col nostro metodo a causa della scarsezza delle parti molli sottostanti al cuoio capelluto della regione centrale del cranio. Infatti nelle scimie non si riesce nemmeno a fare il primo piano di sutura, di modo che il cervello resta soltanto coperto dalla cute del cuoio capelluto. Nei cani invece questo non avviene, sia perchè si può fare un primo piano di sutura riunendo le aponeurosi dei muscoli temporali, sia perchè la pelle del cane è molto spessa e non sottile come quella della scimia. Nelle operazioni che noi abbiamo fatto, il talamo è stato diviso in tre parti, cioè nella parte interna la quale confina con la parete del terzo ventricolo, nella parte anteriore, e nella parte posteriore, o pulvinarica. Quando si voleva asportare la parte

interna, allora il cucchiaino asportatore lavorava nel senso longitudinale. Invece quando si voleva ledere il pulvinar, il cucchiaino veniva infossato nel talamo in senso obliquo verso l'esterno. Finalmente questo strumento ledeva il talamo in senso trasversale quando dovevamo asportare la parte anteriore. In altri cani poi abbiamo fatto la lesione completa di un talamo e la lesione bilaterale dei pulvinar. Sull'argomento abbiamo pubblicato finora tre Memorie. Nella prima (¹) riportiamo tre esperienze di lesione della parte interna del talamo; nella seconda (²) quella riguardante l'asportazione di ambi i pulvinar e nella terza (³) studiammo le degenerazioni susseguenti alle lesioni suddette. Tutte le rimanenti esperienze, comprese quelle della lesione del nucleo anteriore sono rimaste finora inedite. Riportiamo ora brevemente i protocolli delle nostre esperienze.

Esperienza I.

10 febbraio 1897. — Cane D, del peso di kg. 6,500.

Morfinizzato e fissato l'animale, si pratica l'asportazione della parte interna del talamo ottico destro. L'animale nel momento della lesione del talamo non reagisce in nessun modo. Ravvicinati con delicate manovre gli emisferi cerebrali divaricati, si procede alla riunione della ferita mediante due piani di sutura, uno per le parti molli epicraniche e l'altro per la pelle. Si fascia la ferita, si scioglie l'animale e si mette su di una branda.

11 febbraio. — L'animale emette continui lamenti ed è molto agitato. Per calmare questo stato di agitazione, e prevenire emorragie intracraniche si iniettano 5 cc. di soluzione all'1 °/₀ di idroclorato di morfina. Durante la notte l'animale ha orinato, e l'urina raccolta svela la presenza di glicosio e di albumina. Nelle ore pomeridiane lo stato di agitazione si ripresenta, e allora si ritorna a fare un'iniezione uguale alla precedente.

12 febbraio. — Il cane si trova fuori della branda a distanza di tre o quattro metri. Ha emesso per due volte le urine. Non si lamenta più, dorme quasi sempre e ricusa di prendere il latte.

13 febbraio. — Il cane si trova anche oggi fuori della branda. Le urine contengono ancora glicosio e albumina. Si riesce a fargli inghiottire, per mezzo di una pipetta un poco di latte. È molto cattivo e tenta di mordere.

14 febbraio. — Il cane prende il latte da sè, ma con difficoltà. È stato visto camminare tenendo gli arti posteriori piegati.

15 febbraio. — Si rinnova la medicatura, dalla ferita esce del liquido sanguinolento. Prende il latte, ma rifiuta la carne.

(¹) Lo Monaco, Rivista di patol. nerv. e ment., 1897, pp. 354-365.

(²) Lo Monaco, *Ricerche di fisiologia dedicate al prof. Luciani*, Milano, Società editrice libraria, 1900.

(³) Lo Monaco (in collab. con lo studente laureando Pitò), Arch. di farm. sperim. e scienze affini, 1904, pp. 507-528.

16 febbraio, — Le urine non presentano più le reazioni dello zucchero e della albumina. Il cane cammina appena, pur dimostrando debolezza negli arti posteriori. Da sè prende poco latte, che gli viene somministrato quindi con la sonda. Rifiuta la carne. Dalla ferita fuoriesce pochissimo liquido.

18 febbraio. — La ferita è riunita, si rifascia per precauzione. Il cane cammina bene, e passeggia per il laboratorio, scendendo anche le scale. Reagisce alle gesticolazioni tanto davanti all'occhio destro che al sinistro. Incomincia a mangiare la carne e il pane.

20 febbraio. — Con la prova dell'alimentazione, cioè mostrando al cane dei pezzetti di carne mentre si tiene l'uno o l'altro occhio bendato, sembra cieco di quello sinistro, mentre a destra non mostra alcun disturbo visivo; fenomeni di emianopsia e di emiambliopia bilaterale omonima non sono rilevabili. Avvicinando improvvisamente ora all'uno ora all'altro occhio un cerino acceso, non reagisce nè a destra, nè a sinistra.

22 febbraio. — Sospeso il cane su un telo munito di quattro fori attraverso i quali si fanno passare gli arti dell'animale, si osserva che a sinistra la sensibilità tattile e quella dolorifica mostransi sensibilmente diminuite. La forza muscolare, saggiata col costringere l'animale a trascinare dei pesi attaccati ad una funicella, e congiunti con semplice nodo scorsoio ai diversi arti, mostrasi indebolita in quelli di sinistra.

25 febbraio. — Si ripete la prova dell'alimentazione coll'occhio bendato che conferma il risultato già descritto. Il cane urta contro gli ostacoli messi ad arte lungo il suo cammino, e non salta quando ha bendato l'occhio destro. L'udito, il gusto e l'olfatto sembrano normali. La sensibilità tattile e dolorifica è sempre diminuita a sinistra.

2-5 marzo. — A grado a grado si vanno dileguando i disturbi della vista e della sensibilità.

6-12 marzo. — I suddescritti metodi d'indagine non riescono più a far rilevare una differenza nella visione dei due occhi, nella sensibilità tattile e dolorifica e nella forza muscolare.

20 marzo. — Il cane oggi si trova con la ferita riaperta: è stato morsicato da un suo compagno. Si medica e si fascia.

14 aprile. — La seconda ferita è guarita. In questo periodo il cane non ha presentato alcuna alterazione di sensibilità e di visione. È stato sempre vivace e vorace. La nutrizione si è mantenuta buonissima e il suo peso è aumentato.

Luglio-agosto. — Il cane ha cominciato a dimagrare pur essendo sempre vorace; presenta fenomeni distrofici, consistenti in alterazione della pelle con caduta del pelo.

7 agosto. — Si uccide col cloroformio. Pesa kg. 5. Alla sezione, dopo aver fatto un taglio trasversale del cervello in corrispondenza della regione talamica, si trova, che mentre a sinistra il fornice ed il talamo non sono alterati, a destra invece nella parte interna del talamo esiste uno spazio, le cui pareti sono coperte da sostanza giallastra. La parte asportata è limitata all'esterno dalla linea tratteggiata, come si vede nella figura intercalata nel foglio susseguente. Il corpo calloso non esiste più, e le faccie interne degli emisferi nella parte superiore sono saldate fra loro. Il cervello insieme al midollo spinale si mette nel liquido di Müller. Nella mucosa dello

stomaco e dell'intestino, nella pleura, nei polmoni, nei reni e nelle articolazioni, per quante ricerche furono fatte, non si riuscì a trovare le emorragie parenchimatose notate da parecchi autori in conigli con lesioni dei talami ottici.

Questo esperimento dimostra che l'estirpazione limitata alla parte interna del talamo, produce cecità, diminuzione di sensibilità tattile e dolorifica e di forza muscolare nel lato opposto a quello operato. Questi disturbi scompaiono circa dopo 4 settimane.

Esperienza II.

12 febbraio 1897. — Cane grosso, del peso di kg. 13.

Si mette allo scoperto nel modo da noi descritto la regione talamica, e prima di fare l'asportazione della parte interna del talamo destro, la si eccita superficialmente con esito negativo, pur rinforzando molto la corrente.

13 febbraio. — Il cane si lamenta, si mostra agitato. Gli si iniettano 5 cc. di soluzione all'1 °/₀ di cloridrato di morfina.

14 febbraio. — Il cane è calmo, prende un po' di latte da sè, e nel prenderlo dimostra difficoltà a deglutire. Si regge in piedi, cammina nella stanza, pur mostrando grande debolezza negli arti posteriori e urtando contro gli oggetti. L'urina presenta scarse quantità di glicosio e di albumina.

15-16 febbraio. — Il cane si regge meglio in piedi, ma è assai depresso; giace tenendo la testa distesa col muso appoggiato sul pavimento. Si medica la ferita dalla quale esce poco liquido sanguinolento. Gli si somministra il latte per mezzo della sonda.

17 febbraio. — Si ritorna a medicare la ferita, dalla quale esce altro liquido sanguinolento. Le urine danno sempre le relazioni del glicosio e dell'albumina.

19 febbraio. — Si osserva un poco di migliorìa nello stato generale dell'animale, il quale rifiuta ancora il cibo, per la qual cosa il latte si continua a somministrare con la sonda. Reagisce alle gesticolazioni tanto all'occhio destro che al sinistro. La ferita migliora, ma è sempre aperta posteriormente.

22 febbraio. — Il cane ha cominciato a prendere cibi solidi.

1 marzo. — Il cane è sempre torpido, apatico e magro, quantunque mangi moltissimo. Si osservano fenomeni distrofici come perdita di pelo, soluzione di continuo superficiale allo scroto ecc. Fatta la prova dell'alimentazione, l'animale si mostra cieco nell'occhio sinistro. Non si presta agli esami per la sensibilità tattile e dolorifica; la forza muscolare a sinistra è alquanto più diminuita che a destra. La ferita è sempre aperta, si medica spargendovi su un po' di polvere di jodoformio.

2 marzo. — Si ripetono le indagini per i disturbi visivi, e dai risultati devesi dedurre che l'occhio sinistro è cieco, e che fenomeni di emianopsia e di emiambliopia non sono rilevabili. Gli altri sensi specifici paiono normali.

6-10 marzo. La ferita è sempre aperta, presenta granulazioni pallide. Congiuntivite a sinistra, non si osservano nuovi fenomeni distrofici. L'animale sta quasi sempre sdraiato. Temperatura del cane 39°. Mangia molto, ma è sempre magro quantunque sia aumentato un po' di peso in quest'ultima settimana. I disturbi sono quasi

cessati. Coll'occhio destro bendato prende i pezzetti di carne sparsi per la stanza, evita gli ostacoli, scende e sale bene le scale, e salta da una sedia. Ora risponde bene agli stimoli tattili e dolorifici, tanto negli arti destri che nei sinistri. La forza muscolare è eguale in ambo i lati.

Aprile. — Il cane dimagra sensibilmente e i fenomeni distrofici aumentano.

10 maggio. — Si trova morto. Pesa kg. 10,800. La lesione del talamo è limitata alla parte interna, ed è uguale in estensione a quella della precedente esperienza. Il cervello non presenta nessun'altra alterazione, ad eccezione delle aderenze della cicatrice con la corteccia cerebrale. Negli organi non si trovano emorragie interstiziali.

Questa esperienza al pari della prima dimostra che l'asportazione della parte interna del talamo ottico, porta cecità dell'occhio opposto. In questo caso, a causa forse dello stato generale dell'animale molto deperito, non abbiamo potuto ben constatare se vi fossero deficienze delle sensibilità generali o localizzate ad un solo lato. Abbiamo poi la prova che i talami nella loro parte interna non sono, per lo meno superficialmente eccitabili.

Anche qui i disturbi sono stati transitori, della durata di 4 settimane circa. Di eccezionale gravità in questo cane furono i fenomeni distrofici e il dimagramento che quasi senza interruzione continuò durante tutto il periodo post-operatorio.

Esperienza III.

Cane F, di media taglia del peso di kg. 6.

1 aprile 1897. — Si asportano oltre che la parte interna del talamo destro, anche gli strati superiori della parte esterna. L'eccitazione elettrica di queste parti riesce negativa, come pure l'animale non fa alcun movimento, quando si lede la parte esterna del talamo.

2 aprile. — Nell'urina emessa durante la notte si trova albumina e glicosio in poca quantità. Manca l'ammiccamento dell'occhio sinistro.

3 aprile. — Il cane è sceso dalla branda, cammina trascinando gli arti posteriori, presenta catarro congiuntivale in ambo gli occhi. Le pupille sono sensibili alla luce. Prende il latte.

4 aprile. — Il cane sta meglio, mangia pezzetti di carne. La congiuntivite migliora.

5 aprile. — La ferita è in via di guarigione, esce pochissimo liquido sanguinolento, si rifascia.

6 aprile. — Il cane mangia bene e cammina diritto senza accennare a movimento di maneggio. Manca l'ammiccamento nell'occhio sinistro che invece avviene nel destro.

10 aprile. — Mancanza di ammiccamento e cecità a sinistra. Deficienza marcatissima di senso tattile e dolorifico a sinistra. Gli altri sensi sono normali. Mentre con gli arti sinistri trasporta soltanto 2 kg, coi destri arriva a trasportarne 3 ed anche più.

11-20 aprile. — I disturbi su notati in questo periodo di tempo sono stati sempre dimostrabili. La ferita rimargina benissimo, e sta quasi per chiudersi.

20-30 aprile. — Durante questo periodo i disturbi su descritti cominciano a diminuire; di modo che alla fine di aprile il cane non mostra più alcuna alterazione apprezzabile, se si eccettui ancora un po' di deficienza del senso tattile. L'ammiccamento avviene ora anche nell'occhio sinistro. Il cane è vispo, vorace, ben nutrito e non mostra alcun fenomeno distrofico.

30 giugno. — Comincia a dimagrare ed a presentare alterazioni della cute, la quale è piena di croste e nuda di pelo.

3 agosto. — Si trova morto. Pesa kg. 4,700. Alla sezione, il taglio trasversale nella regione talamica si presenta come nella fig. 2.

In questa figura si nota che l'asportazione è stata limitata agli strati superiori del talamo destro. Nel cervello poi appena estratto, sollevando leggermente la cor-

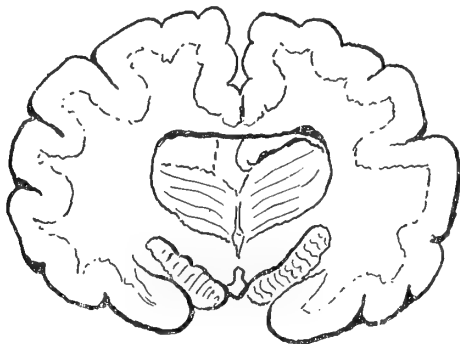



Fig. 2.

teccia, si vede che la lesione è estesa anche alle parti esterne del talamo destro, di cui sono stati asportati come nella parte interna gli strati superiori, e nello stesso tempo si osserva che nessuna altra parte nervosa vicina è stata offesa. Il cervello ed il midollo spinale si mettono ad indurire nel liquido di Müller.

I fenomeni notati in questa terza esperienza non differiscono da quelli osservati nelle prime due, eccettuata una più marcata deficienza della sensibilità tattile e dolorifica e della forza muscolare. Come negli altri due cani dell'esperienze precedenti, anche qui i disturbi finiscono dopo circa un mese senza lasciare alcuna traccia; seguirono anche qui i fenomeni distrofici e il dimagramento.

Esperienza IV.

Cane nero con orecchie tagliate.

24 febbraio 1897. — Si opera nel modo solito facendo una breccia ossea molto ampia, si ha emorragia di un grosso vaso che fortunatamente si riesce a legare. Dopo aver tagliato il corpo calloso si eccita la parte interna del talamo, e non si osserva

alcuna reazione anche con forte corrente molto sensibile alla lingua; dopo si asporta tutto il talamo destro nei suoi strati superficiali.

25 febbraio. — Il cane è molto abbattuto e non è possibile di fare alcun esame.

26 febbraio. — Le condizioni generali dell'animale oggi sono peggiori di ieri. La temperatura rettale è di 25°, non si riesce a fargli inghiottire del latte. Il globo oculare sinistro è molto abbassato, dimodochè si vede una gran parte della sclera, meno è rotato l'occhio destro, le pupille sono immobili, e la cornea è poco sensibile. Si osserva una differenza nella dilatazione delle pupille, quella destra è ristretta, invece la sinistra è molto dilatata. Nell'urina dealbuminata, le reazioni del glicosio riescono positive. Nelle ore pomeridiane l'animale si trova morto. Si fa la sezione e si trova che la lesione interessa tutta la superficie del talamo destro.

Da questa esperienza non si ricava altro che la conferma della ineccitabilità del talamo per lo meno nella sua parte interna.

Esperienza V.

Un complesso di fenomeni del tutto differenti, sia per entità che per durata, si osservarono nel cane che fu il soggetto della Nota pubblicata nel volume dedicato al prof. Luciani. Questo cane venne operato di asportazione bilaterale del pulvinar, e venne presentato nella seduta dell'Accademia Medica di Roma del 26 giugno 1898. L'operazione venne eseguita il 18 febbraio 1898, e il cane dopo 11 mesi di sopravvivenza morì il 18 gennaio 1899, in seguito a un lunghissimo accesso convulsivo, il quale era stato preceduto da altri nei due giorni antecedenti. Il cervello ed il midollo spinale furono subito messi nel liquido di Müller e dopo avvenuto l'indurimento, furono tagliati in serie al microtomo e colorati secondo il metodo Weigert-Pal. Dall'osservazione microscopica abbiamo potuto esattamente ricostruire le lesioni fatte e le alterazioni che avvennero per effetto del traumatismo. Da esse, come si vede nell'annessa fig. 3, risulta che le parti asportate rappresentano una grande porzione della regione del pulvinar, le lesioni però, per quanto simmetriche non sono uguali nei due lati, poichè a sinistra manca una quantità di sostanza nervosa maggiore che a destra. Tanto il ganglio della habenula che l'estremità ultima posteriore del pulvinar sono state rispettate dallo strumento, il quale ha fatto lesioni non molto estese in profondità. Come conseguenza dell'atto traumatico si trova una grande produzione di sostanza connettivale tra le superficie interne del cervello e al disopra della regione del pulvinar e dei tubercoli quadrigemini anteriori. Queste ultime formazioni sono atrofiche, e nelle parti adiacenti alla lesione esistono focolai necrotici dovuti evidentemente a disturbi circolatori. I nervi ottici sono del tutto degenerati.

Sarà più facile ora, dopo aver riportato la necroscopia del cane operato, vagliare meglio i sintomi che si osservarono durante la sopravvivenza di esso.

Come abbiamo antecedentemente detto, il cane venne operato il 18 febbraio 1898. Alla descrizione dell'atto operativo già riportato, dobbiamo solamente aggiungere che dopo aver dilatata la fessura interemisferica e diviso il corpo calloso nella

sua parte posteriore, ci riuscì facile vedere, evitando convenientemente l'emorragia, le parti laterali del terzo ventricolo, costituite, come si sa, dalle superficie interne del talamo. Introducemmo allora un cucchiaino a bordi taglienti in senso leggermente obliquo, e portammo via bilateralmente la sostanza nervosa della regione del pulvinar. Arrestata l'emorragia coll'immettere temporaneamente nella cavità lesa piccoli pezzetti di spugna finissima resi asettici, chiudemmo la ferita con un doppio piano di suture e la protegemmo fasciandola. Nel momento dell'ablazione della sostanza pulvinarica non si produssero movimenti di sorta, nè segni di dolore; soltanto si osservò ammiccamento delle palpebre, rotamento dei globi oculari in basso e in fuori e grande dilatazione delle pupille. Di questi fenomeni, il rotamento durò due giorni, mentre la midriasi rimase permanente per più mesi, e dopo si attenuò alquanto.

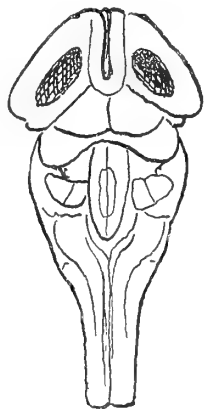



Fig. 3. — Superficie dorsale dei talami ottici, dei tubercoli quadrigemini e della midolla allungata nel cane.
Le parti asportate nei talami sono disegnate in nero.

L'animale sin dall'indomani dell'operazione, lasciò sperare una pronta guarigione. Egli cominciò ben presto a deglutire il latte che veniva versato nella sua bocca per mezzo di una pipetta, a mangiare pezzetti di carne lessa e a camminare. La ferita si riunì per prima intensione.

I fenomeni irritativi furono di breve durata; essi consistettero in movimenti di maneggio poco accentuati da destra verso sinistra e in movimenti impulsivi che si manifestavano a lunghi intervalli. Un complesso invece di sintomi permanenti di deficienza di senso generale e specifico si osservarono subito nel cane: tra essi s'impongono in primo luogo quelli visivi.

L'animale appena potè camminare, mostrò di avere perduto il senso della vista. Esso andava per la stanza a capo chino, urtando contro tutti gli oggetti e contro le pareti della stanza ove era stato posto, non si difendeva se si minacciava col piede o col bastone, non trovava mai i pezzi di carne buttati sul suolo, se prima non li riconosceva coll'olfatto e con il tatto. Mancavano inoltre il riflesso dell'ammiccamento ed il riflesso pupillare, mentre le pupille erano molto dilatate, ed il fondo dell'occhio all'esame oftalmoscopico si mostrava normale.

Dopo due settimane dall'operazione, il cane, che non offre alcun sintoma che riveli una lesione qualunque nella sfera dell'intelligenza, dimostra un'affettività che si direbbe esaltata più che depressa, cammina speditamente nella sua stanzetta, evitando gli ostacoli e non urtando più contro le pareti di essa. Se però si spostano i mobili o si porta l'animale in un altro ambiente, allora ricomincia ad urtare, pur riuscendo molto più presto di prima ad orientarsi e ad evitare i pericoli. D'altra parte si osserva che esso non riesce mai a mettere il muso dentro la catinella che contiene il pasto, se prima non ha urtato contro le pareti di essa, come non riesce mai quando si rizza su due piedi, ad appoggiarsi di primo acchito sul corpo di chi lo chiama; non teme poi il bastone, non scende mai da un'altezza per quanto bassa, e se trova sul suo cammino un dislivello, vi ruzzola. Tutte le altre prove comunemente usate per la constatazione dei disturbi visivi, come, per esempio, quella del cerino acceso, dell'alimentazione, della benda, delle striscie di carta ecc., riescono in questo cane negative e mostrano la completa cecità dell'animale. Inoltre, mentre continua a mancare il riflesso dell'ammiccamento, è tornato invece quello pupillare, il quale però è torpido e non si riesce ad ottenerlo che con molta difficoltà.

Avendo a disposizione un cane a cui erano stati asportati a scopo sperimentale i globi oculari, osservammo che questo si comportava in alcuni esami in modo eguale al cane da noi operato, ed in altri in modo del tutto diverso. Parimenti, poichè le descrizioni che il Luciani, Munk ed altri, che si sono occupati delle localizzazioni corticali, dànno dei cani che hanno subìto l'ablazione dei lobi occipitali, comprendono una sintomatologia diversa da quella che presenta il cane operato di pulvinar, ci è parso di grande interesse, paragonare fra loro il comportamento che mostrano questi tre cani differentemente operati in riguardo alla visione. Per potere passare a questo esame crediamo opportuno di riassumere i quadri dei fenomeni del cane cieco per asportazione dei globi oculari, e dell'altro che ha subìto l'ablazione della sfera visiva, usufruendo delle descrizioni che ne dànno gli AA. su ricordati, bene riassunte nel libro del Soury [1].

Quando si bendano gli occhi o si estirpano i globi oculari a un cane, questo subito dopo riesce ad orientarsi ed a riconoscere il posto in cui egli è già stato quando godeva della visione. Ma se invece l'animale viene portato in una stanza per lui nuova, esso, pur camminando con prudenza, urta e cade, se gli capita sul cammino un dislivello. Pur tuttavia, se lo si preserva da questa caduta, facendogli tastare successivamente il terreno, col farlo discendere e rimontare varie volte, l'animale non casca più, ed esegue da sè con abbastanza esattezza tutti questi movimenti. Dopo alcune settimane, questo cane corre e salta come prima, senza urtare nei luoghi a lui divenuti familiari; solamente rimangono alcuni segni di esitazione e di inettitudine in presenza di ostacoli che egli non ha potuto prevedere.

Il cane, privato delle due sfere visive, dopo l'operazione, resta invece per parecchi giorni dentro il suo giaciglio senza muoversi e senza cercare il cibo. L'animale avverte tutto ciò che passa intorno a lui come l'indicano i movimenti delle sue orecchie. Chiamato, gira la testa, rimuove la coda, ma non si sposta: bisogna avvi-

[1] *Le système Nerveux centrale*, Paris, 1899.

cinargli la carne, perchè si decida a fare qualche passo. Col tronco basso, la testa allungata, la coda appoggiata al suolo, esso muove con estrema lentezza una gamba dopo l'altra, poi si arresta e si rimette a dormire.

Niente altro si osserva nei primi giorni. Verso il principio della seconda settimana fa da sè alcuni passi apaticamente, fiutando il suolo e alla fine della terza settimana fa più lunghi tratti nella sua stanza, senza scopo apparente.

Dopo, il cammino perde la gran lentezza dei primi giorni, la schiena si raddrizza, i movimenti esitanti delle estremità anteriori sono diminuiti, il cane ripassando per le medesime vie, non urta nè i muri nè i mobili. Tre o quattro mesi dopo l'operazione, questo cane si orienta quasi tanto bene, benchè sempre con prudenza, quanto un cane che vede, nei luoghi che ha già appreso a conoscere. Se si porta in un ambiente a lui ignoto, l'animale presenta allo stato attenuato i medesimi fenomeni che sono stati descritti; infatti i progressi dell'adattamento nei nuovi ambienti sono più rapidi.

Le difficoltà del terreno da lui non conosciuto l'espongono meno alle cadute e agli altri accidenti, perchè esso è diventato più prudente, riconosce il suolo, ritira con precauzione il piede avanzato, si arresta e ritorna indietro; se sente il vuoto, si sdraia, e niente lo decide ad avanzarsi. Medesimamente resta sulla tavola, sulla sedia dove è stato posto, senza correre il rischio di un salto più o meno pericoloso; va, viene sino all'orlo, tende la testa in basso senza perdere l'equilibrio, testimonia con i suoi gridi e i suoi movimenti che vorrebbe discendere, ma mai vi si decide. Munk inoltre insiste sul fatto che questi cani, sopravvissuti per un anno e più alla operazione non si vedono mai nè correre, nè saltare.

Da questa descrizione distintamente si deduce che l'animale presenta uno stato di notevole apatia ed indifferenza per ciò che lo circonda, quindi esso non va in traccia di cibi, tende a restare accovacciato e inerte, raramente risponde con ammiccamento alle gesticolazioni che gli si fanno innanzi agli occhi, ha perduto la sua abituale affettività e, se è minacciato, mostrasi preso da paura, e reagisce più in forma di difesa che di offesa. Considerando quindi l'insieme dei fenomeni presentati dal cane mutilato nella regione occipitale, si trova come sintomo culminante uno spiccato cambiamento di carattere, di abitudini e di maniera di reagire verso le azioni esteriori.

Conviene qui che noi, senza entrare nel merito della questione, notiamo come per molti AA. (Munk, Schaefer, Vitzou, ecc.) il cane in queste condizioni è completamente cieco; perchè l'ablazione bilaterale dei lobi occipitali non permette alcuna sopravvivenza della visione mentale dell'animale. Esso non ha soltanto perduta la memoria visiva dei luoghi, ma non può richiamare la visione subbiettiva delle forme e dei colori degli oggetti del mondo esteriore che prima conosceva benissimo; per lui quindi non vi è più spazio visivo, ma spazio tattile e muscolare. Per altri (Luciani, Goltz, ecc.) invece il cane senza sfere visive vede, vale a dire ha la *sensazione visiva* degli oggetti, ma manca della *percezione*, ossia della capacità di riconoscerli. Esso mostrasi incapace di distinguere la natura degli oggetti, per es. un pezzo di carne posato sul suolo, da un pezzo di sughero, ha perduto il giusto apprezzamento delle distanze, e rimane impassibile o quasi in presenza di apparizioni che prima dell'operazione erano capaci di destare nell'animale una viva reazione di paura.

Secondo questi AA., quindi, in questo cane mancherebbe solamente la percezione visiva per assenza più o meno completa della *memoria visiva.*

Tenendo ora presente i sintomi che si osservano nei due cani, dei quali abbiamo brevemente riportato il quadro clinico e paragonandoli con l'altro cane che ha subìto l'asportazione dei pulvinar, riesce evidente come quest'ultimo nel primo periodo dopo l'operazione si comportò in modo analogo all'altro senza globi oculari. Ambedue cominciano subito a camminare, riconoscono o imparano presto a riconoscere il posto dove si trovano e ad evitare gli ostacoli a loro noti. Il cane cieco corticalmente invece somiglia all'altro cieco talamicamente in ciò, che esso al pari dell'altro ha perduto il giusto apprezzamento delle distanze, di modo che mostrasi riluttante a discendere anche da piccole altezze. Nel cane poi senza pulvinar si osserva, come già è stato notato, la completa assenza di disordini psichici. Esso non è apatico ed indifferente per ciò che lo circonda, come l'altro senza sfere visive, ma va in cerca del cibo, corre, salta e mostrasi sempre affettuoso. Poichè tanto in questo, quanto nell'altro animale la via della corona raggiata del talamo è interrotta, si può in conseguenza con abbastanza fondamento ritenere che la deficienza della sfera psichica che si osserva nel cane al quale sono stati asportati i lobi occipitali, debba dipendere dall'ablazione di tutte quelle cellule della corteccia che non sono in connessione con i fasci cortico-talamici. Se poi si mettono in rapporto i sintomi osservati con le lesioni anatomiche, noi siamo autorizzati a dedurre che il cane senza pulvinar presenta fenomeni che in parte, essendo eguali a quelli osservati nel cane senza globi oculari, devono essere considerati come dipendenti da lesioni nelle vie visive periferiche, e in parte essendo simili a quelli osservati nel cane affetto da cecità corticale, debbono essere considerati come dipendenti da alterazioni esistenti nelle vie visive centrali.

Nelle sue lunghe ricerche sui centri di origine del nervo ottico e sui rapporti di questi centri con la corteccia cerebrale, il Monakow [1] ha visto, osservando le lesioni consecutive ai traumatismi operatori praticati sulle vie nervose visive centrali o periferiche degli animali neonati, che i tubercoli quadrigemini anteriori, i corpi genicolati esterni e i pulvinar degenerano. Da ciò egli ha concluso che le vie ottiche che cominciano nella retina e terminano nella corteccia, sono costituite essenzialmente da due neuroni di cui il primo si estende dalle cellule ganglionali della retina ai centri ottici primari dove esso si arborizza, e l'altro parte dalle cellule di queste formazioni e termina nella corteccia occipitale. Tra i due sistemi, Monakow ammette l'esistenza di un altro sistema di neuroni di associazione costituito da cellule intermediarie che non sono altro che cellule del secondo tipo di Golgi, e crede che i centri ottici primari, poichè, come si è detto, degenerano intieramente dopo l'ablazione dei territori corticali della visione, non costituiscano dei centri primari di elaborazione delle impressioni retiniche come molti fisiologi ammettono, ma solo stazioni di passaggio, dovendo ad essi rifiutarsi qualunque attività autonoma nell'atto della visione. L'esperimento da noi fatto, il quale venne confermato da altre espe-

[1] Monakow, Arch. f. Psych., XXIV e XXVII.

rienze di cui riporteremo il protocollo, conferma questa teoria brevemente riassunta di Monakow. Questi ha dimostrato che le lesioni periferiche e centrali delle vie visive fanno degenerare i gangli ottici primari; noi avremmo dimostrato che la lesione di questi interrompe la continuazione dei due neuroni e produce la completa cecità dell'individuo.

In base poi alla sintomatologia osservata nel cane senza pulvinar, si deve aggiungere che solamente coll'asportazione di questi centri ottici primari si ottiene il quadro completo dei disturbi visivi, dipendenti dalla soppressione delle vie visive centrali. Nei cani senza lobi occipitali, è utile ripeterlo, i disordini psichici non hanno nulla a che fare con quelli puramente visivi, e complicano l'esperimento. Lo studio metodico delle degenerazioni del cervello del cane operato ci ha messo in grado di confermare la teoria di Monakow anche dal lato anatomico.

Sin da ora infatti possiamo annunciare che i nervi ottici si trovarono degenerati e i tubercoli quadrigemini anteriori atrofici.

Anche gli altri sensi specifici si presentano più o meno deficienti nel cane senza pulvinar, tranne l'udito che sembra abbia poco sofferto. Le prove infatti che si adoperano per indagare le alterazioni dell'udito, come, per esempio, quella di buttare dei pezzi di carne o di pane in diverse direzioni e più o meno in vicinanza dell'animale, e l'altra di produrre dei suoni col diapason o con una trombetta, mostrano che l'animale avverte i rumori, volgendosi immediatamente verso la sorgente dei medesimi tanto da un lato che dall'altro. Anche i rumori prodotti in lontananza attirano l'attenzione dell'animale, il quale allora si ferma di un tratto colle orecchie tese, smettendo anche di mangiare; però in questo caso esso spesso mostrava di non indovinare nel primo momento la direzione del suono.

Il senso dell'odorato non è normale nel cane senza pulvinar. Se infatti si fa passare sugli occhi dell'animale un pezzetto di carne, esso non fa alcun movimento per prenderla, dimostrando così che non la vede, e che non la sente. Bisogna invece mettere la carne in vicinanza e in direzione del suo naso, perchè esso mostri di volerla afferrare. Facendo le prove per la ricerca delle alterazioni del senso olfattivo, in confronto col cane cieco per asportazione dei globi oculari, si rileva che questo presenta una maggiore acuità dell'odorato. Esso infatti sente la carne anche se posta su un tavolo, sul quale cerca di arrampicarsi per prenderla, e a più gran distanza che non il cane senza pulvinar.

Più dimostrativo risulta l'esame del senso del gusto, il quale è quasi abolito nel cane da noi operato. Questo infatti mangia la carne immersa precedentemente in una soluzione satura di idroclorato di chinina, come pure non mostra alcun senso di disgusto quando sulle sue labbra si stropiccia un poco di cotone imbevuto nella medesima soluzione amara. Viceversa i cani normali ed il cane senza globi oculari rifiutano, anche se affamati, la carne chinizzata; e se la soluzione di chinina a loro insaputa si porta a contatto della mucosa della bocca, si destano in essi reazioni vivacissime e protratte. Gli studi sulla localizzazione corticale del senso del gusto si riducono finora a scarsi tentativi. Ferrier e Munk ritengono che il centro di questo senso risieda nell'*uncus* insieme con quello dell'olfatto. Una prova indiretta di questa localizzazione si può desumere dalla presenza delle percezioni gustative nel cane

senza cervello, di Goltz (¹), nel quale animale era rimasta illesa la regione dell' *uncus*.

Munk (²) però combatte l' opinione di Goltz, sostenendo che il cane senza cervello non ha più il senso del gusto, e se rifiuta la carne chinizzata, ciò dipende da un riflesso di protezione dell' apparecchio digestivo. Egli dice che quando l' eccitazione ricevuta dalla sostanza amara nella mucosa orale e linguale è molto intensa, si ottiene un riflesso che si manifesta con lo sputare o con il vomitare la sostanza, e indipendentemente da ogni sensazione sapida o per effetto dell'irritazione del glosso faringeo e del trigemino. La teoria di Munk però non risponde alla pratica; quindi non può essere ammessa.

Quando si porta in bocca un alimento che all' apparenza e per esperienza si sa che deve riuscire gradito, ed invece si trova cattivo, esso viene sputato, non per un riflesso di protezione, ma perchè il senso del gusto ne rimane offeso. Il vomito invece prodotto dopo ingestione di sostanze, può dipendere sia da che queste riescono irritanti per la mucosa gastrica, sia da combinazioni abnormi che esse possono suscitare venendo in contatto con altri corpi che si trovano già nello stomaco. In questi casi però il gusto non influisce su questo fenomeno, essendo esso localizzato nella mucosa del cavo orale e della lingua. In conseguenza, se il cane senza pulvinar non avverte l' amaro della chinina, devesi naturalmente dedurre che in esso le percezioni gustative fanno difetto, o che con la lesione di questi gangli sono state per lo meno interrotte le vie nervose appartenenti a questo senso specifico.

Integre si presentano nel cane operato le sensazioni dolorifiche, termiche e muscolari. Si constata invece coi metodi comuni, in modo molto evidente, un' alterazione del senso tattile negli arti destri, e una leggera deficienza di forza muscolare. Questi fatti, per il movimento di maneggio da destra verso sinistra osservato nei primi giorni dopo l' operazione, il quale indica una prevalenza dei muscoli del lato sinistro su quelli del lato destro, lasciavano dubitare, come poi si riscontrò all'esame necroscopico, che la lesione a sinistra fosse meno limitata che a destra. L'animale, dopo l'operazione, è aumentato di peso di quasi tre kg., e si è mostrato, come tante volte abbiamo ripetuto, molto intelligente.

Da questo esperimento si può dedurre, che nel pulvinar esistono elementi che sono in relazione non solo col senso della vista, ma anche con gli altri sensi, di modo che la lesione di esso produce alterazioni più o meno gravi in tutta la sfera sensoriale.

Esperienza VI.

25 ottobre 1898. — Piccolo cane nero, del peso di circa 5 kg. Si opera di asportazione del talamo destro. Durante l' operazione, mentre cioè si lede il talamo, non si osserva alcuna alterazione nè di moto nè di senso. Si produce invece strabismo evidentissimo, mentre le pupille si restringono.

(¹) Goltz, Pflüger's Arch., XLI.
(²) Munk, Verhandl. der physiol. Gesellsch zu Berlin. Jahrg. 1893—1894.

26 ottobre. — Il cane sta abbastanza bene; presenta movimento di maneggio da destra verso sinistra; le pupille si sono dilatate, e gli occhi, iperemici, sono tenuti quasi sempre chiusi, per la qual cosa non si riesce bene a studiare il riflesso palpebrale per mezzo delle digitazioni. Beve il latte.

27 Ottobre. — Il cane riesce a camminare in linea diritta. I globi oculari sono sempre rotati in basso, il sinistro però è più rotato all'esterno che non il destro. A sinistra non vi è ammiccamento, a destra sì. Il cane ha bevuto il latte, ha emesso orina e feci. Mangia la carne imbevuta in una soluzione di idroclorato di chinina al 2 $^0/_0$, ma non ha mangiato un pezzo di carne sul quale era stata messa della chinina in polvere, se non dopo averlo per molte volte messo in bocca e buttato. La sensibilità tattile e dolorifica è ottusa negli arti di sinistra. La cecità dell' occhio sinistro è evidente, perchè, messo un pezzetto di carne vicino all' occhio sinistro, il cane non fa alcun movimento per prenderla, mentre lo afferra subito quando si passa all' occhio destro. Inoltre il cane stesso urta negli oggetti posti al lato sinistro. Non riesce molto chiaro se anche nell'occhio destro vi sia una sezione cieca.

28 ottobre. — Si medica la ferita, la quale presenta una piccola parte suppurata. Oggi si fa l' esame delle urine per la prima volta e non si trovano nè albumina, nè glicosio. Manca l' ammiccamento a sinistra. Il cane pesa kg. 4,300.

5 novembre. — Il cane pesa kg. 4,750.

4 dicembre. — Il cane mangia ancora la carne imbevuta con chinina. Le pupille sono eguali, ed egualmente reagiscono alla luce. Pare che anche a sinistra si ottenga il fenomeno dell' ammiccamento.

8 febbraio 1899. — Bendando ora l' uno ora l' altro occhio con cotone tenuto da una fascia, il cane mostra di vedere anche coll' occhio sinistro. Le sensibilità tattile e dolorifica non si mostrano differenti nei due lati. Il cane pesa kg. 6,300. Mangia ancora la carne sulla quale è stata messa polvere di chinina, senza mostrare di accorgersi del sapore amaro di essa.

25 marzo. — Il cane oggi è stato trovato in preda ad un accesso epilettico che ha continuato per altri 30 minuti. Da parecchi giorni si osservano specialmente sul muso e sulle sue parti adiacenti alterazioni della pelle con radatura dei peli.

1 ottobre. — Altro accesso epilettico fortissimo e lungo. Il cane pesa kg. 8,700.

2 ottobre. — Il cane si trova morto. Alla sezione si trova che la lesione è limitata agli strati più superficiali del talamo.

Da questa esperienza possiamo trarre la conclusione che con la lesione degli strati superficiali del talamo dopo un certo tempo abbastanza lungo, i fenomeni riguardanti la visione e la sensibilità spariscono. Notevole è il fatto della persistenza della mancàta sensazione dell' amaro.

Esperienza VII.

Cane rossiccio di kg. 8.

28 dicembre 1898. — Si opera di ambedue i talami senza grande emorragia. Al momento dell' asportazione non si osserva al solito nessun movimento di moto, nè alcun segno di dolore, invece si produce strabismo.

29 dicembre. — Il cane è stato trovato fuori della branda. Nell'urina emessa si trova albumina, ma riesce negativa la prova del glicosio. Manca l'ammiccamento in ambedue gli occhi, ed il cane urta in tutti gli ostacoli. Si rifiuta a prendere il latte. Le pupille sono molto dilatate, ma reagiscono alla luce, la congiuntiva è iniettata e la faccia edematosa.

30 dicembre. — Il cane prende il latte e mangia la carne. Ha il viso ancora gonfio. Nelle ore pomeridiane viene medicato: la ferita è un po' edematosa, ma non presenta nessuna suppurazione, però il cane è molto abbattuto, e messo sulla branda vi rimane per tutto il giorno. Non rifiuta il latte e mangia anche qualche pezzetto di carne. Messo sul pavimento, urta in tutti gli ostacoli.

1 gennaio 1899. — Il cane non vuol mangiare; è come istupidito. La ferita si avvia alla guarigione, quantunque vi sia sempre un po' di fluttuazione. Nell'urina si trova albumina, ma non glicosio.

3 gennaio. — L'animale sta meglio ed è diventato affettuoso, lecca le mani e dimena la coda. Cammina bene ed urta negli ostacoli. Mangia la carne chinizzata.

8 febbraio. — Pesa kg. 7,200. Mangia la carne sulla quale è stata messa molta polvere di chinina. Il cane evita gli ostacoli e dall'esame risulta che la visione sia tornata a destra, mentre persiste la cecità a sinistra. Per l'esame del gusto si fanno altre prove. Si osserva che la carne cotta lessata immersa per pochi minuti in soluzioni concentratissime di cloruro di sodio viene mangiata dai cani sani ed anche da quelli operati. Invece il pane che è stato imbevuto nella medesima soluzione, è respinto dai cani normali e mangiato da quelli operati di talamo. Soltanto dopo averne mangiato più pezzi, qualche cane operato si rifiuta a prendere altro pane salato. Per fare la prova dell'acido ci siamo serviti di una soluzione di acido acetico al 10 % ed abbiamo visto che tanto i cani normali che quelli operati mangiano pezzetti di carne che sono stati nel suddetto liquido. Dopo però di averne mangiati tre o quattro, tanto gli uni che gli altri li rifiutano o li mangiano facendo le boccacce. Il pane però inzuppato nella soluzione acida viene rifiutato da tutti i cani operati e non operati, eccetto quello che sarà soggetto della esperienza susseguente.

23 febbraio 1899. — Non si osservano disturbi visivi a destra, a sinistra invece tutte le prove riescono positive. Le prove della sensibilità e della motilità di cui poco ci siamo preoccupati nei cani operati bilateralmente, dimostrano uguaglianza in tutti gli arti.

1 ottobre. — Leggera convulsione epilettiforme, dalla quale si rimette subito.

8 novembre. — Altro accesso epilettico. Il cane pesa kg. 10,500,

3 agosto 1900. — Il cane da qualche mese presenta delle perdite di peli e aree alopeciche. Le dita dei piedi sono ingrossate e arrossate; vi si notano soluzioni di continuo. Il cane pesa kg. 9,850. La sensibilità cutanea si trova uguale negli arti, però, in quelli posteriori, non è così viva come negli arti anteriori.

18 dicembre 1900. — Oggi il cane ha avuto un fortissimo accesso convulsivo. Si trova morto l'indomani. Pesa kg. 8,500. All'autopsia la lesione è maggiore a destra che non a sinistra.

Questa esperienza è notevole per la lunga sopravvivenza (quasi due anni). L'animale, al pari degli altri, è morto dopo aver presentati accessi convulsivi. È da notarsi

che la nutrizione ha migliorato dopo un certo periodo dall'operazione, per poi farsi scadente, quando cominciarono le alterazioni distrofiche. Anche in questa esperienza rimase perduto il senso del gusto specialmente per l'amaro e per il salato. La funzione visiva è rimasta più lungamente lesa nell'occhio sinistro; ciò forse è dovuto ad una maggiore lesione della parte pulvinarica di destra, mentre quella di sinistra era molto superficiale.

Esperienza VIII.

Cane robusto, di kg. 6,500.

13 febbraio 1903. — Si opera della parte anteriore del talamo destro. La lesione viene eseguita col cucchiaino diretto in senso trasversale sul talamo dalla parte interna verso l'esterno. Mentre si fa la lesione, non si osservano movimenti, nè segni di dolore.

14 febbraio. — Il cane cammina bene, senza mostrare movimenti di maneggio. Si osserva paresi degli arti sinistri e assenza di sensibilità tattile e dolorifica. Si fa la prova della forza muscolare per mezzo di pesi trascinati. A sinistra non si ottiene l'ammiccamento nè con le dita nè col cerino acceso, a destra sì.

16 febbraio. — Continuano i disturbi di motilità e di sensibilità. Si osserva anche perdita del senso muscolare. Gli occhi presentano strabismo divergente.

20 febbraio. — Il cane, avendo mangiato sempre poco, non si è prestato all'esame del gusto. Oggi rifiuta la carne imbrattata di chinina, mentre mangia quella pulita. La sensibilità è meno deficiente, così pure i disturbi di motilità cominciano a diminuire. Ritorna pure l'ammiccamento, e il cane evita gli ostacoli; nessun disturbo si è notato per i sensi specifici.

Marzo-maggio. — La nutrizione del cane è migliorata. Esso pesa kg. 8. I disturbi sono del tutto scomparsi e il cane non si differenzia dagli altri non operati.

Giugno-agosto. — Il cane si è smagrito e presenta disturbi distrofici. Nella pianta del piede (arto posteriore sin.) si è formato un ascesso che viene aperto e medicato. Si trova morto il 12 agosto, probabilmente dopo qualche accesso convulsivo. Si conservano, come sempre il cervello ed il midollo spinale, e per mezzo di tagli trasversali sul cervello si osserva che la lesione è limitata alla parte anteriore del talamo ottico.

Da questa esperienza si deduce che, con la lesione della parte anteriore del talamo i sintomi riguardanti la motilità e la sensibilità sono più evidenti. Essi però scompaiono, come negli altri cani operati, dopo alcune settimane. Si sono pure notati disturbi visivi, mentre sono mancati quelli del gusto e degli altri sensi specifici. Il decorso della sopravvivenza per quest'ultima lesione non si differenzia da quello degli altri cani operati.

Esperienza IX.

Cane cucciolo di pelo bianco, del peso di kg. 5,200.

14 febbraio 1903. — Operando, si va incontro ad una diffusa emorragia della diploe. La lesione interessa la parte anteriore del talamo destro. Nelle ore po-

meridiane, il cane prende il latte da sè, e mangia anche qualche pezzettino di carne. Nel muoversi mostra di essere paralizzato dell' arto posteriore sinistro. Se è preso, grida fortemente, e fatto camminare, non si regge bene cogli arti di sinistra e cade. Non si osservano movimenti di maneggio.

16 febbraio. — Il cane oggi presenta movimento di maneggio continuo e lento. Egli per prendere il pane offertogli, cerca di camminare in linea retta, ma non ci riesce e per arrivare, gira dalla parte del lato sano, cioè da sinistra a destra. Mentre gira e mentre mangia, se viene toccato, non risponde a sinistra, mentre si volta subito, se stimolato a destra. Manca l' ammiccamento nell' occhio sinistro, il quale è rotato all' interno, mentre il destro è rotato all' esterno in alto. La sensibilità tattile e dolorifica a sinistra è quasi perduta, così pure il senso muscolare.

17 febbralo. — Il movimento di maneggio è oggi ancora più accentuato. Il cane mangia la carne, e rifiuta quella colla chinina.

20 febbraio. — Il movimento di maneggio continua. La sensibilità dolorifica e tattile a sinistra è diminuita, come pure la forza muscolare. L' ammiccamento manca a sinistra. Girando, urta negli ostacoli, mostrando di vederci poco. Le carne con la chinina viene rifiutata. L' odorato pare integro, così pure il senso acustico.

Nei mesi susseguenti, si sono continuati gli esami, i quali hanno dimostrato la scomparsa, grado, grado, di tutti i fenomeni, di modo che il cane si ristabilisce come il precedente, nel modo più perfetto. Egli è stato voracissimo in questi mesi, e il suo peso è aumentato. Nel mese di luglio si sono cominciati ad osservare i disturbi della pelle accompagnati dal dimagramento, e seguíti poscia dalla morte, che avvenne il 7 agosto. La lesione interessava gli strati più vicini al nucleo caudato.

L' esito di questa esperienza non differisce da quello della precedente. Si nota però in questo caso un prolungarsi del movimento di maneggio.

Esperienza X.

Cane nero di kg. 6.

26 febbraio 1903. — Si opera con lievissima emorragia nella parte anteriore del talamo destro. Si dubita però che la lesione interessi parti adiacenti al talamo, e ciò perchè, quando il cucchiaino ledeva la parte, si notò un lamento dell'animale, accompagnato da una contrazione dell' arto posteriore

27 febbraio. — Il cane non riesce a tenersi ritto. Ha bevuto pochissimo latte. La ferita procede benissimo. Nell' urina si trova albumina e glicosio.

1 marzo. — A sinistra manca l' ammiccamento, come pure è evidentissima la paresi. Il cane infatti casca a sinistra. Si osserva poco movimento di maneggio. La sensibilità tattile e dolorifica degli arti sinistri è abolita. Camminando, allo scopo di reggersi in piedi, esegue molti movimenti per riuscirci. Si appoggia cioè a sinistra, e porta l' arto anteriore destro a sinistra. Urta negli ostacoli, e a sinistra manca ammiccamento.

5 marzo. — Continua l' atassia a sinistra: si osserva che l' animale stando in piedi fermo, fa movimenti come di pendolo dall' avanti all'indietro. Urta contro gli oggetti, e a sinistra non ammicca. Il senso muscolare non è perduto. Rifiuta la carne

con la chinina. Gli altri sensi specifici sono normali. La nutrizione dell'animale è scadente, ed esso si trova morto il 26 marzo, cioè dopo un mese dall'operazione.

Disgraziatamente di questo cane non fu fatta l'autopsia.

Anche in questa esperienza si notano più marcate le deficienze di moto e di senso, mentre non si notano quelle dei sensi specifici.

Nel riferire le nostre esperienze, abbiamo omesso tutte quelle riguardanti cani operati la cui sopravvivenza fu breve. Abbiamo omesso anche alcune esperienze fatte sui conigli e due fatte sulle scimie; animali che, come abbiamo detto, non si prestano ad essere operati col nostro metodo. Rammentiamo soltanto una scimia, la quale sopravvisse 24 ore, presentando emiplegia sinistra, che fu seguìta da contratture degli arti anteriori. Mancava anche l'ammiccamento, e la lesione fu riscontrata limitata al talamo destro.

Consideriamo ora brevemente i risultati complessivi ottenuti dalle nostre esperienze, per poi poter stabilire la funzione dei talami ottici. Le nostre esperienze si prestano benissimo a questo còmpito, in quanto che nessuno più di noi ha lasciato in vita gli animali operati. Il Roussy. preoccupato di dover fare l'esame anatomico dei cervelli col metodo del Marchi, tenne infatti i suoi 5 animali operati, cioè una scimia, due gatti e due cani, in vita soltanto per un brevissimo tempo che variava dai 18 ai 37 giorni. Noi invece abbiamo avuto dei cani che hanno sopravvissuto quasi due anni all'operazione.

Il decorso dei fenomeni abnormi che offrono i cani sopravvissuti all'osservazione di uno o di ambi i talami ottici di cui abbiamo riportato i protocolli può dividersi in quattro periodi. Il primo periodo comprende la durata della malattia che immediatamente consegue all'atto operatorio. In questo periodo si notano i fenomeni traumatici uniti a quelli irritativi, i quali mascherano gli effetti dipendenti dalla funzione soppressa delle parti asportate. La durata di questo primo periodo è varia, ed è dipendente dalla entità dell'operazione, dall'emorragia avvenuta e da condizioni individuali dell'animale.

Il secondo periodo della durata di circa 20 giorni comprende quel tratto di tempo durante il quale lo stato generale e la nutrizione dell'animale sono tornati sensibilmente normali, e termina con la scomparsa dei fenomeni di deficienza. Il terzo periodo è caratterizzato dal completo benessere per lo meno apparente dell'animale. In questo spazio di tempo non si riesce, anche con i più minuti esami, a rilevare alcuna alterazione. Nell'ultimo periodo infine si presentano sintomi morbosi che vanno aggravandosi fino alla morte dell'animale, come risulta dai diari. Tutti i periodi non hanno una durata fissa, ma essi variano da cane a cane, e sono certamente in relazione con la robustezza dell'animale, e con la maggiore o minore entità ed estensione della parte asportata.

Tralasciando di occuparci in particolar modo dei fenomeni traumatici e irritativi, che caratterizzano il primo periodo e che non hanno molta importanza, noi faremo seguire come già abbiamo detto, alcune considerazioni sui disturbi che si osservano nel secondo periodo, e che si possono distinguere in alterazioni di moto e di senso generale ed in alterazione dei sensi specifici.

Nei cani operati i sintomi di deficienza sensitivo-motori sono stati sempre evidenti, mai in nessun caso abbiamo osservato isolati i disturbi sensitivi. Nella scomparsa di essi, quelli motori pare che precedano quelli sensitivi, forse perchè coi metodi di cui ci serviamo, quelli motori non sono più dimostrabili, mentre lo sono invece quelli sensitivi. Lo stesso del resto avviene nei cani a cui si è lesa la zona psico-motrice; e mai nei nostri cani operati, sia della superficie interna del cervello, sia del nucleo caudato, sia del nucleo lenticolare, come già abbiamo visto e come vedremo, i sintomi di sensibilità si trovano scompagnati da quelli motori, i quali nei cani operati di talamo sono dimostrabili colla prova della deficienza della forza muscolare.

Il talamo ottico è stato invece prima di noi considerato sia come centro sensitivo, che come centro motore. Louys già da noi citato, specialmente ha sostenuto la funzione sensitiva del talamo; egli ha considerato questo nucleo, basandosi su dati anatomici e clinici come un vero *sensorium commune*, cioè come un centro di percezione per le diverse specie di sensibilità, le quali si riuniscono in esso, per poi irradiarsi nella corteccia cerebrale. Le impressioni tattili, dolorifiche, ottiche, acustiche, olfattive, gustative, genitali, viscerali, secondo questo autore, arrivano a questi nuclei di sostanza grigia, e li oltre che concentrarsi, si modificano per rivestire una forma nuova, rendendosi più assimilabili per le operazioni cerebrali ulteriori, e divenire così progressivamente gli agenti spiritualizzati dell'attività delle cellule cerebrali. Anche Ferrier, come abbiamo detto, segue questa teoria, avendo osservato emianestesia del lato opposto in una scimia operata di talamo ottico per mezzo di uno stiletto introdotto a traverso il lobo occipitale. Egli perciò conclude che i talami sono centri di convergenza o gangli interruttori delle vie sensitive. Altri autori invece attribuiscono al talamo funzioni motorie per avere osservato dopo la lesione del talamo, movimenti di maneggio e deviamento tanto degli arti che di tutto il corpo verso il lato opposto a quello dove si è operato. È stata anche osservata paralisi o paresi del lato opposto. Tutti questi fenomeni hanno dato luogo a molteplici ipotesi per le quali i talami o sono organi dell'innervazione volontaria dei muscoli che muovono lateralmente gli arti inferiori e le dita corrispondenti, o sono centri di forze che muovono l'animale verso l'uno o l'altro lato, o non sono nè centri nè vie principali di trasmissione per i movimenti volontari, nè centri nè vie principali di trasmissioni per le eccitazioni sensitive. Fondandosi su tutte queste dottrine, lo Stefani, dopo un esame critico dei principali fenomeni notati dai vari esperimentatori, emette un'altra teoria conciliativa per la quale nei talami bisognerebbe riconoscere dei centri e delle vie necessarie alla percezione delle sensazioni visive, tattili e muscolari.

Una teoria esclusivista è sostenuta dalla scuola francese della quale ultimi rappresentanti sono Selliere Verger e Roussy. Per questi autori il talamo ottico non ha che la sola funzione sensitiva. Sellier e Verger dicono che il talamo ottico non ha alcuna influenza sui movimenti volontari, e che la sua funzione sensitiva è innegabile. La distruzione sperimentale del talamo ottico, dice Roussy, nell'animale determina come soli sintomi dipendenti dall'organo l'*emianestesia* del lato opposto alla lesione. I movimenti di maneggio, secondo questo autore, sono dovuti agli organi visivi, e specialmente alla calotta peduncolare e ai tubercoli quadrigemini. Nei nostri cani operati noi non sempre abbiamo osservato movimenti di maneggio, ma, pure ammet-

tendo l'interpretazione del Roussy, la loro assenza non ci fa escludere i disturbi motori che si osservano sempre dopo l'asportazione del talamo, sia che si presenta o che non si presenta il movimento di maneggio.

I disturbi visivi si presentano sempre nel lato opposto a quello operato, e consistono nella perdita completa della visione. Non escludiamo però che anche nell'altro occhio un segmento, sia pure leso. Infatti noi non sempre, ma in molti protocolli abbiamo trovato segnato questi disturbi che farebbero pensare ad un'emiambliopia bilaterale omonima, la quale poi venne confermata come vedremo, dalle ricerche anatomiche. Certamente nei cani è difficile potere stabilire il disturbo visivo nello stesso lato della lesione; meglio si prestano a questo le scimie, delle quali disgraziatamente non potemmo usufruire. I disturbi visivi però quasi sempre si attenuano, e i cani operati dopo un mese e più dall'operazione ricuperano la vista. e mai più soffrono di essa. Disturbi più evidenti e più duraturi si osservano, quando la lesione interessa la parte pulvinarica del talamo. Però anche in queste condizioni sembra che i disturbi siano pure transitori, e che se in qualche caso, come noi abbiamo descritto nell'esperienza V, sono permanenti, ciò deve attribuirsi, come vedremo dalle ricerche anatomiche, alle alterazioni o alle compressioni dei nuclei medi visivi, cioè del corpo genicolato e dei tubercoli quadrigemini.

In generale quasi tutti gli sperimentatori che si sono occupati del talamo ottico, hanno osservato l'emianopsia. Tra questi figurano Magendie, Panizza, Renzi, Lussana, Lemoine, Ferrier ed altri; invece Longet e dopo Nothnagel negano che la lesione dei talami produca disordini visivi. Frederich e Nuel nel loro trattato di fisiologia asseriscono che nei mammiferi superiori, dopo asportazione dei talami, si è osservata emianopsia come nelle lesioni della corteccia occipitale.

Noi non siamo riusciti a trovare da qual fonte questi autori abbiano ricavato quella deduzione così recisamente enunciata. Da nessuno poi, per quanto noi sappiamo, è stata notata la temporaneità dei disturbi visivi, e ciò certamente è dovuto al fatto che finora non erano state mai osservate lunghe sopravvivenze degli animali operati di talamo. Castellino è il solo che noti come i disturbi visivi, nell'unico animale da lui operato col metodo di Nothnagel, si siano affievoliti dopo qualche settimana. Egli però dice che i disturbi visivi che osservò nel coniglio operato non sono la conseguenza dell'abolita visione, ma debbono ritenersi come dovuti alla *perdita della valutazione delle distanze.* Disgraziatamente però il Castellino non riporta la necroscopia dell'animale, nè ci fa sapere in quale segmento della corteccia egli introduceva lo strumento che doveva andare a distruggere il talamo. Per conciliare i risultati negativi di Nothnagel con quelli positivi degli altri sperimentatori, Stefani (1) ammette un'azione di arresto tra le parti lese del talamo e gli elementi nervosi necessari alla percezione visiva a loro vicini. Tra gli operatori di recente data Sellier e Verger dicono che gli animali portatori di lesione del talamo presentano cecità nell'occhio opposto, e che questa cecità è permanente; Roussy invece attribuisce l'emianopsia alle lesioni di vicinanza (bandelletta ottica, radiazioni ottiche, corpo genicolato esterno); e Sachs finalmente, fra tutte le scimie e i gatti operati, soltanto in quattro ha notato l'emianopsia.

(1) Stefani, *Fisiologia del sistema nervoso.* Milano, Vallardi ed.

Fra gli organi di senso specifico quello che più sembra leso è il gusto. Ad eccezione dei cani operati della parte anteriore del talamo, tutti gli altri non rifiutavano la carne sulla quale era stata spolverata la chinina, e qualcuno non rifiutava il pane che era stato immerso in una soluzione di acido acetico al 10 $^{0}/_{0}$. Sembra quindi che in questi casi avvenga la perdita del gusto dell'amaro, del salato e dell'acido. Il fatto poi che più sorprende è quello che questi fenomeni duravano a lungo fino alla morte dell'animale, come se l'animale a un certo punto si abituasse ai sapori sgradevoli. D'altra parte non è improbabile che il talamo sia in relazione molto intima con il centro corticale del gusto. Disturbi minori si osservarono per l'olfatto, e nessun disturbo, quantunque dobbiamo riconoscere che non in tutti cani vennero fatti e ripetuti gli esami, si osservò per l'udito, a meno che non si voglia ammettere che i mezzi da noi adoperati non siano riusciti allo scopo.

Abbiamo detto che con la scomparsa dei sintomi di deficienza sopravviene un periodo di apparente benessere dell'animale, caratterizzato da straordinaria voracità seguìto da ingrassamento dell'animale. Ciò indica chiaramente che la lesione del talamo non porta alcuna conseguenza sul ricambio materiale. La medesima cosa si osserva del resto in molti ammalati di sistema nervoso, i quali dopo il periodo di flogosi, ingrassano delle volte in modo esagerato, dando l'apparenza di un completo benessere.

Questo stato di cose però non dura, inquantochè dopo un periodo più o meno lungo, segue il dimagramento accompagnato da fenomeni distrofici della pelle. Ciò non crediamo che sia una cosa speciale che avvenga nelle lesioni del talamo ottico, quantunque lo Stefani abbia notato che tra i suoi colombi operati di mutilazioni cerebrali, quelli che avevano contemporaneamente il talamo leso, dimagravano sensibilmente. Ed infatti anche Luciani, pur non notando il dimagrimento, dice che nei cani operati di cervelletto ha osservato fenomeni distrofici, e li ritiene come effetti indiretti e non necessari della operazione. Al dimagramento degli animali operati abbiamo osservato sempre il presentarsi di accessi epilettici caratterizzati per la lunga durata, delle volte superiore alle 24-36 ore, e seguìti dalla morte dell'animale. Noi non sappiamo se quest'accessi epilettici siano dovuti a disturbi corticali oppure all'azione del tessuto connettivale formatosi nella lesione talamica. Dobbiamo soltanto rammentare, che, mentre è facile suscitare accessi epilettici colla stimolazione elettrica della zona motrice, non siamo mai riusciti ad ottenere il medesimo fatto, elettrizzando la parte interna del talamo anche con correnti molto forti e durature.

Dai risultati che noi abbiamo fedelmente riportali prima, e poi riassunti, possiamo, senza lasciarci prendere dalla mania delle ipotesi più o meno azzardate, stabilire la funzione dei talami ottici. La questione più importante consiste nel determinare se i fenomeni consecutivi alle mutilazioni talamiche molto simili nel decorso a quelli molto ben noti delle estirpazioni corticali, siano dipendenti dalla cessata funzione dell'organo estirpato o siano dovuti soltanto alla interruzione delle fibre che dal talamo vanno ai vari segmenti della corteccia. Per risolvere questa questione noi ci gioveremo dei risultati anatomici di cui parleremo nel seguente capitolo. Fisiologicamente parlando mentre da una parte la scomparsa dei fenomeni ci incoraggia ad ammettere una funzione dinamogena verso i centri corticali, dall'altra in-

vece qualcuno dei sintomi un po' più duraturi specie quelli visivi e ancora di più quelli gustativi, fa pensare a una funzione vera e propria del talamo mista a quella dinamogena. Alla interpretazione della funzione del talamo si riconnette specialmente la questione delle compensazioni degli effetti di deficienza motori e sensoriali, consecutivi alla distruzione dei centri corticali. rimasta finora insoluta. Non è il caso qui che noi riportiamo tutte le ipotesi che da Flourens in poi si sono emesse per la spiegazione della temporaneità degli effetti delle mutilazioni cerebrali. Diremo solamente come quasi tutte siano state dimostrate false, e come soltanto quella di Ferrier e quella di Luciani e Tamburini aspettino la prova dell'esperimento. Scartando l'ipotesi di Ferrier, che non regge alla critica [1], non resta che quella di Luciani e Tamburini che merita di essere sottoposta ad un controllo sperimentale. Essi ammettono che, oltre ai centri corticali tanto motori che sensitivi esistano anche altri centri basilari analoghi, rappresentati dai corpi striati, talami ottici, corpi quadrigemini, ecc. e spiegano la compensazione dei fenomeni di deficienza motori e sensoriali con l'accrescersi della funzione di questi centri basilari. E facile ora pensare che, asportando i centri basilari contemporaneamente a quelli corticali, la compensazione, se l'ipotesi fosse fondata, non dovrebbe avere più luogo.

Noi non abbiamo fatto nello stesso cane queste due mutilazioni, però i fatti anatomici ci indicano che l'ipotesi non può essere sostenuta. Il talamo quindi non si può considerare come funzionante al pari della corteccia. I sintomi infatti tanto dell'una che dell'altra lesione, sono soltanto rassomiglianti nei primi giorni dopo l'operazione, in quanto che nell'un caso come nell'altro esserviamo disturbi di moto e di senso generale e specifico; però il cane che ha subìto la decorticazione specie della zona psico-motrice, mostra sempre anche dopo lunghissimo intervallo, un residuo di sintomi che mostrano in modo non dubbio la deficienza di sensibilità.

Ciò non avviene nel cane talamico, i cui sintomi non persistono, e si dileguano completamente; e non si comprende come gli autori francesi con tale sintomatologia, si sforzino a sostenere che le lesioni del talamo non producono che la sola emianestesia, ammettendo con ciò un centro sensitivo localizzato in quel ganglio. Noi sorretti dalle numerose esperienze, affermiamo invece che l'asportazione dei nuclei cellulari del talamo porta un disturbo di ripercussione sulle cellule corticali. Queste non soffrono che funzionalmente, e si rimettono presto dal disturbo cui sono andate incontro, pur restando vicine ad elementi nervosi degenerati a causa dell'asportazione delle cellule talamiche. Viceversa le decorticazioni producono degenerazioni discendenti fino al midollo, degenerazioni che, come vedremo, mancano nel sistema nervoso dei cani operati di talamo [2]. Alle ricerche fisiologiche facciamo seguire quelle anatomiche, le quali ci permetteranno di stabilire su più solide basi la teoria da noi enunciata.

[1] Vedi Luciani e Tamburini, *Sui centri psicomotori corticali*. Rivista di freniatria, vol. IV, 1878.

[2] Ci vengono comunicate le conclusioni alle quali viene il prof. D'Abundo incaricato di riferire sulla fisio-patologia del talamo ottico al Congresso Italiano di Neurologia che si terrà a Genova nel prossimn ottobre. Il D'Abundo nota che dopo le lesioni talamiche si osservano deficienze visive incrociate transitorie e disturbi di sensibilità lievi e fugaci. Conclude col ritenere il talamo ottico come un centro importante intermediario di associazione. Invece nel gattino neonato la distruzione di un talamo produce la cecità incrociata permanente e l'ipertrofia del nucleo caudato.

VIII.

Sulle degenerazioni secondarie alle asportazioni dei talami ottici [1].

Le degenerazioni secondarie furono studiate da noi nei cervelli dei cani che formano soggetto della osperienza I e V: cioè cani operati il 1° di asportazione del nucleo anteriore (secondo la nostra divisione, parte interna) del talamo destro, e il 2° operato di asportazione bilaterale del pulvinar. I cervelli di questi cani, che sopravvissero all'operazione il primo sei e il secondo undici mesi, furono tenuti in liquido di Müller e dopo l'indurimento, tagliati in serie e colorati col metodo Weigert-Pal.

Descrizione dei reperti.

I. *Cane operato di ambo i pulvinar* (cane A).

Esame macroscopico. — In primo luogo abbiamo notato che nella parte posteriore dei talami ottici le lesioni, per quanto simmetriche, non erano eguali nei due lati, in quanto che a sinistra la perdita di sostanza era maggiore che a destra. Questa perdita è localizzata nella regione dei pulvinar, nell'interno di ciascuno dei quali esiste una cavità colmata da tessuto cicatriziale, il quale imbriglia i corpi genicolati esterni di ambo i lati, e si continua in alto al di sopra dei tubercoli quadrigemini anteriori, con il corpo del trigono e la parte mediana del corpo calloso, del tutto scomparso, arrivando alle circonvoluzioni delle faccie mediali dei giri prospleniale, spleniale e fornicato. Anteriormente il corpo calloso non fu tutto tagliato, poichè il ginocchio, per la estensione di pochi millimetri, venne rispettato, mentre posteriormente il taglio si estese anche sullo splenio.

Esame microscopico. — Nei tagli seriali del midollo spinale e del bulbo rachideo non si osservano degenerazioni. Nelle sezioni del ponte notasi invece in ambo i lati la degenerazione delle fibre dei fasci più interni e del 5° esterno, dei fasci piramidali, di guisa che soltanto la parte mediana di esse è rimasta integra. La lesione suddetta è bilaterale, ma è un po' più estesa a sinistra.

La degenerazione delle fibre motrici, descritta nella protuberanza, si continna nel *pes peduncoli* e qui resta localizzata al fascio cortico-protuberanziale posteriore o fascio di Türck (Meynert) (ft.) e al fascio genicolato o cortico-protuberanziale anteriore, mentre si vede nettamente normale il fascio medio o piramidale propriamente detto. Il lemnisco, mostrasi pure perfettamente normale. I peduncoli cerebellari sono, al pari del cervelletto, del tutto inalterati.

Proseguendo l'esame delle vie motrici trovate degenerate nel *pes peduncoli*, noi vediamo che questa degenerazione si continua nella capsula interna: infatti si trova

[1] La massima parte di queste ricerche, pubblicate nell'Archivio di Farmacologia Sperimentale e Scienze affini, 1904, vol. III, pp. 507-528, furono eseguite con la collaborazione di G. Pitò studente laureando.

degenerata la parte inferiore del segmento posteriore, il ginocchio e la parte inferiore del segmento anteriore della capsula interna. Nel centro ovale dei due mantelli non si trova alcuna degenerazione tranne in corrispondenza dei giri della faccia mediale (*gyrus fornicatus*, *gyrus praesplenialis e splenialis*) e nel lobo occipitale. Le fibre del centro ovale e i giri ora menzionati e la loro corteccia, a causa del processo cicatriziale che le ha compresse, sono profondamente alterate: la corteccia è sclerosata e le fibre midollari sono degenerate per una certa estensione cioè fino alla corona raggiata. Inoltre notiamo che il corpo calloso è degenerato in ambo i lati, dalla incisione fino alla corona raggiata, dove le fibre degenerate non si possono più seguire. Nel polo frontale si nota che le radiazioni callose sono quasi del tutto degenerate (*forceps minor*).

Nel lobo occipitale si notano importantissimi fatti. Anzitutto esaminando nelle sezioni la corteccia delle circonvoluzioni del lobo occipitale, specialmente di quelle che guardano la superficie interna, si nota che la stria di Gennari è quasi del tutto assente (tav. IV, fig. 6). Le medesime sezioni guardate a forte ingrandimento fanno vedere che quel fascio di lunghe e spesse collaterali che costituiscono la stria di Vicq d'Azir è ridotto moltissimo: soltanto qua e là si scorge qualche fibra tangenziale isolata al posto della stria di Gennari. Nelle sezioni passanti pei tubercoli quadrigemelli anteriori (tav. III, fig. 5), si nota che in ambo i lati manca il *tapetum* (Tp.), mentre le radiazioni di Gratiolet (Rth) sono conservate alquanto bene in alto, sono molto degenerete specialmente nella parte che sta compresa nel terzo inferiore del ventricolo occipitale (Voc), e sono quasi normali quelle che circondano la parete inferiore del detto ventricolo. Lo stesso si trova nelle sezioni che passano a livello dei pulvinar (tav. IV, fig. 1).

Nei talami si osserva che le parti dei due pulvinar circostanti alle lesioni, sono degenerate ed atrofiche: rimangono solo pochissime fibre, mentre i corpi cellulari sono degenerati e fusi in una massa omogenea in guisa che non si riesce a distinguerne i contorni. Inoltre si nota che lo *stratum zonale* del pulvinar è rimasto perfettamente normale fino al margine superiore dove è stato interrotto dalla lesione; sorprende il fatto che le fibre di detto strato non sono degenerate neanche in vicinanza del tessuto cicatriziale, infatti esse si trovano ben colorate fin dove lo *stratum zonale* sparisce e comincia la cicatrice. I residui sclerotici del pulvinar contornano la cavità dovuta all'asportazione, la quale cavità è irregolare, mostrandosi in certe sezioni unica, in altre duplice (tav. III, fig. 7). La cavità è in parte ripiena di tessuto cicatriziale, il quale è arrivato fino ai corpi genicolati esterni (Cge.), e li ha compressi, rendendoli atrofici. Infatti essi hanno perduto la loro struttura caratteristica (tav. III, fig. 7 Cge.), ossia a lamelle embricate, alternativamente grigie e bianche. Inoltre essi sono notevolmente ridotti di volume, e presentano uno scarso numero di fibre; però il corpo genicolato esterno di destra è più degenerato di quello di sinistra.

I tubercoli quadrigemini anteriori (tav. IV, fig. 1, Tqa.) sono stati pure compressi dal tessuto cicatriziale che si trova tra i due pulvinar, e per questa ragione è avvenuto che lo *stratum zonale* dei due *bigemina* è degenerato, mentre che gli altri strati sottostanti sono ben conservati.

Anche ben conservati sono i rimanenti nuclei dei talami ottici. Il *fasciculus retroflexus* di Meynert (tav. III, fig. 7, FM.) è degenerato in ambo i lati in tutta la sua lunghezza, però quello di un lato presentasi nel lato mediale abbastanza bene. Il fascio di Vicq d'Azir è degenerato in ambo i lati (tav. III, fig. 6, VA.). Un'importante degenerazione osservata è quella della commissura di Meynert (tav. III, fig. 7, CM.); questa degenerazione è più evidente in corrispondenza del punto dove la suddetta commissura passa al disotto della banderella ottica, per portarsi verso il nucleo lenticolare. Questo nucleo mostrasi normale, però molte fibre che lo attraversano dal campo di Wernicke sono degenerate.

I corpi genicolati interni (Cgi) sono normali. Importantissime sono le degenerazioni che si osservano nelle benderelle ottiche (tav. III, fig. 6): queste si mostrano un poco diverse se studiate nella metà più prossima al chiasma o in quella più prossima al pulvinar. Nella prima metà si vede che la parte esterna (t.) di esse è rimasta normale, mentre la metà interna è quasi del tutto degenerata (m.). La banderella ottica di sinistra presenta un numero di fibre sane maggiore che la destra: del resto la disposizione è identica. Nella seconda metà, cioè in quella più prossima al pulvinar, si vede che la parte sana o esterna della benderella ottica si continua in parte nello *stratum zonale* (tav. III, fig. 7, strz.) rimasto integro del pulvinar, ed in parte si risolve a ventaglio nel corpo genicolato esterno e nelle parti residuali del pulvinar: queste ultime fibre però sono piccole e scarse. La parte interna della benderella, che nella metà inferiore formava un fascio distinto degenerato, qui si confonde col fascio esterno. Tutte queste alterazioni si osservano sia nella benderella destra che nella sinistra, però in quella di destra le degenerazioni sono più evidenti. L'esame del chiasma e dei nervi ottici non si potè fare perchè sfortunatamente essi andarono perduti. Il bulbo ed il tratto olfattorio sono normali.

Riassumendo nel cane **A** (operato di ambo i pulvinar) abbiamo notato: la degenerazione delle vie piramidali, circoscritta al fascio cortico-protuberanziale posteriore (fascio di Türck) ed al fascio genicolato, degenerazioni che si continuano nella capsula interna comprendendone la parte più bassa del segmento posteriore, il ginocchio e la parte inferiore del segmento anteriore. Sono poi degenerati ed atrofici il corpo genicolato esterno, le parti del pulvinar non asportate e lo *stratum zonale* del tubercolo quadrigemello anteriore. Delle vie ottiche extracerebrali è degenerata la parte mediale della benderella ottica. Nelle stesse condizioni si trova la commissura di Meynert. Finalmente sono degenerate pure le radiazioni ottiche di Gratiolet, ed è scomparsa la stria di Gennari.

II. *Cane operato di lesione del nucleo anteriore del talamo destro* (cane **B**).

Esame macroscopico. — Sulla superficie esterna dell'encefalo non si trovò nulla di anormale. Fatto un taglio vertico-trasversale del cervello, in corrispondenza della regione talamica, si notò che alla parte anteriore del talamo destro c'è una cavità le cui pareti sono ricolme di sostanza giallastra, la quale si estende in alto verso il corpo calloso, che più non esiste, e verso la scissura interemisferica,

saldando fra loro le faccie mediali dei giri prespleniali, parte anteriore degli spleniali e parte media dei giri fornicati.

Esame microscopico. — Dalla rivista di tutte le sezioni del midollo spinale e del bulbo rachideo si deduce che in queste parti non c'è alcuna degenerazione.

Nella protuberanza invece, identicamente a quanto abbiamo visto nel cane A, si trova le degenerazione della parte più interna e della parte più esterna dei fasci della via peduncolare, e tale degenerazione si continua al livello dell'istmo, occupando il posto del fascio cerebrale di Türck e del fascio genicolato. Poscia la degenerazione continua nella capsula interna, come nel cane A, dove si trova degenerata la parte più bassa del segmento posteriore, il ginocchio e la parte inferiore del segmento anteriore della capsula interna. Il lemnisco mostrasi normale. I tubercoli quadrigemelli posteriori ed anteriori e le loro braccia sono normali, così pure i peduncoli cerebellari e il cervelletto.

Negli emisferi notasi la degenerazione delle fibre del corpo calloso, degenerazione che si può seguire dall'incisione di esso fino alla corona raggiata, e nei tagli molto anteriori anche nelle circonvoluzioni del polo frontale (*forceps minor* di Arnold).

Nel lobo occipitale, all'esame dei vari strati di fibre che contornano il corno occipitale del ventricolo laterale, notasi che il *tapetum* e le radiazioni di Gratiolet sono degenerate, non però del tutto. Osservando una sezione vertico-trasversale più prossima al polo occipitale, passante pei tubercoli quadrigemelli posteriori, sembra che le fibre delle radiazioni ottiche di Gratiolet siano normali, se si guarda a piccolo ingrandimento; ma ad un ingrandimento maggiore si vede che esse sono degenerate (tav. IV, fig. 2, Rth.), specialmente verso la parte anteriore del corno occipitale del ventricolo laterale (VOC.). A quel livello il *tapetum* (Tp.) è normale. Tutto ciò si osserva nel lobo occipitale destro, mentre nel sinistro non c'è nulla di anormale. Se poi guardiamo una sezione più in avanti del lobo occipitale corrispondente ai tubercoli quadrigemelli anteriori (tav. IV, fig. 3), si nota che a destra non c'è più traccia del *tapetum* e che la degenerazione delle radiazioni ottiche di Gratiolet è più evidente essendo soltanto rimaste poche fibre normali (Rth.); a sinistra si nota che manca il solo *tapetum* mentre le radiazioni di Gratiolet sono normali. Nelle sezioni anteriori (tav. IV, fig. 4) passanti a livello del pulvinar si notano a destra i medesimi fatti. Arrivati, nel proseguimento dell'esame delle sezioni a livello del talamo, si nota che la parte corrispondente al nucleo anteriore (tav. IV, fig. 5, cic.), presentasi come una cavità rivestita di tessuto cicatriziale che unisce la parte anterosuperiore del talamo al corpo calloso, il quale fu tagliato e poscia imbrigliato nella cicatrice. Questa che in parte à dovuta al trauma, e in parte forse alla flogosi avvenuta posteriormente, si continua in alto, come dicemmo nella descrizione dell'esame macroscopico, e, saldando le faccie mediali, le comprime. Si nota poi che la distruzione del nucleo anteriore del talamo ha portato la sclerosi della parte residuale del nucleo anteriore e delle parti che lo circondano, in guisa che la parte anteriore dei nuclei interno ed interno sono sclerotiche. Le cellule non sono più visibili, esse appaiono fuse in una massa compatta, sclerotica e priva di fibre mieliniche (tav. IV,

fig. 5). Solo nella parte più esterna delle parti sclerosate si possono ancora osservare poche fibre che si portano in fuori verso la capsula interna. In questo modo si vede che le lamine midollari interna (Lmi.) ed esterna (Lme.), bene visibili nelle parti ventrali del talamo, vanno mano mano diminuendo a misura che si avvicinano al punto sclerotico; altrettanto dicasi della zona reticolata (Zr.). Importante è il fatto che mentre la *radiatio thalamica* nella parte inferiore è completamente integra, nella parte invece che confina con la zona pallida è sclerotica e scarsa di fibre, presentandosi qua e là degenerata (tav. IV, fig. 5, a.). Nelle altre parti talamiche non si nota alcuna alterazione. Integro è il pulvinar col suo *stratum zonale*, e normale la regione di Forel.

I tubercoli quadrigemini anteriori e posteriori e le loro braccia sono normali, integri sono i corpi genicolati interni ed esterni, e normale è la commissura di Meynert. Le benderelle ottiche, il chiasma ed i nervi ottici sono parimenti inalterati.

Riassumendo nel cane operato di nucleo anteriore del talamo destro abbiamo trovato degenerato parzialmente il fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet, specialmente nella parte più bassa cioè in quella che contorna la parete inferiore ed il terzo inferiore della parete esterna del corno occipitale del ventricolo laterale. Nel talamo si è notata la sclerosi delle rimanenti parti del nucleo anteriore confinanti con la parte asportata, ed inoltre la degenerazione delle lamine midollari interna ed esterna, della zona reticolata e delle radiazioni talamiche che sono a livello della parte sclerotica.

Prima di discutere sull'importanza dei nostri reperti, sarà utile riassumere brevemente i principali lavori anatomici finora comparsi, allo scopo di stabilire le connessioni che il talamo ottico ha con le altre parti del nevrasse.

Sin dal 1854 P. Gratiolet, seguendo il decorso delle fibre ottiche della retina alla corteccia degli emisferi, scoprì un fascio che dal pulvinar e dal corpo genicolato esterno si reca al lobo occipitale, fascio che ora è conosciuto con il suo nome.

V. Panizza [1] (1855) constatò la degenerazione o meglio l'atrofia dei corpi genicolati esterni, dei talami, dei tubercoli quadrigemelli anteriori e dei lobi occipitali nei ciechi nati.

Tartuferi [2] (1881) tenne in vita circa per 7 mesi alcuni conigli ai quali aveva enucleato un globo oculare, e trovò che le fibre del nervo ottico corrispondente erano del tutto scomparse, che la benderella del lato opposto era quasi completamente degenerata, che il tubercolo quadrigemello anteriore del lato opposto aveva subìto un arresto di sviluppo specialmente nella sostanza grigia sotto-zonale e che l'emisfero opposto presentava l'atrofia delle fibre del lobo occipitale la cui corteccia era meno spessa del normale. Nei talami ottici non notò alcuna alterazione, e del corpo genicolato esterno non parlò affatto.

Il Gudden (1889) in un cane, al quale aveva enucleati entrambi gli occhi 12 giorni dopo la nascita, trovò che i nervi ottici erano sclerotici, e che le benderelle

(1) Panizza, *Osservazioni sul nervo ottico*. Milano, 1855.

(2) Tartuferi F., *Il tratto ottico e i centri visivi mesencefalici e corticali*. Milano, 1881.

ottiche erano quasi completamente degenerate. Inoltre il fascio longitudinale posteriore era povero di fibre, i tubercoli quadrigemelli anteriori non si erano molto ridotti di volume, e i corpi genicolati esterni e i pulvinar si erano considerevolmente atrofizzati. Il resto del cervello era normale. Il Monakow dal 1882 in poi ha pubblicato numerose esperienze eseguite sugli animali allo scopo di stabilire le connessioni che la retina ha con il talamo ottico, con i tubercoli quadrigemelli anteriori, con i corpi genicolati esterni e con la corteccia cerebrale. Tra i suoi lavori il più importante è quello riportato dall'Archiv für Psychiatrie del 1895: in questo egli riporta i risultati anatomo-istologici di due serie di ricerche sperimentali. Nella prima serie egli riferisce i risultati dell'esame di un cervello di cane, il quale aveva subito l'emiestirpazione cerebrale, e quelli di un cervello di gatto il quale aveva, contemporaneamente all'emiestirpazione cerebrale, subìto la lesione del talamo e del nucleo lenticolare. Nella seconda serie di ricerche l'A. si occupa dei cervelli di gatti e di conigli ai quali aveva asportato il giro sigmoideo, il giro coronario e *l'uncus*. Basandosi sulle alterazioni secondarie riscontrate nei cervelli degli animali operati, il Monakow divise il mantello cerebrale in varie zone corrispondenti ai vari nuclei del talamo, al corpo genicolato interno ed esterno ed al corpo mammillare. Le conclusioni che riguardano i talami ottici sono le seguenti:

a) Il gruppo anteriore dei nuclei talamici è in relazione con il 5° anteriore della circonvoluzione soprasilviana e delle parti vicine.

b) Il gruppo dei nuclei interni del talamo è in relazione con la corteccia anteriore del giro sigmoideo.

c) I nuclei laterali del talamo sono in relazione con la corteccia del lobo parietale.

d) I nuclei ventrali del talamo sono in rapporto con la parte posteriore del giro sigmoideo, con il 3° anteriore delle circonvoluzioni coronaria e silviana sino al territorio dei nuclei talamici laterali.

e) Il nucleo talamico posteriore è in relazione colla corteccia situata tra la sfera uditiva e la sfera visiva.

f) Il pulvinar ha il suo territorio corticale nei tre quinti della circonvoluzione soprasplenica.

Per ciò che riguarda le vie ottiche centrali, il Monakow ritiene che le fibre che provengono dalla retina e passano nelle radiazioni di Gratiolet, terminano nel tubercolo quadrigemello anteriore, nel corpo genicolato esterno e nel pulvinar. Ammette poi che da questi tre gangli partano altri neuroni diretti alla corteccia del lobo occipitale. Tra il neurone che dalla retina va ai gangli mesencefalici sopra detti, e quello che da questi gangli va alla corteccia occipitale, esisterebbe un terzo neurone intercalato. Inoltre Monakow ammette che dalla corteccia occipitale partano fibre le quali vanno non solo ai corpi genicolati esterni, ai pulvinar e ai tubercoli quadrigemelli anteriori, ma anche direttamente nella benderella, nel nervo ottico e nella retina.

Nel 1900 Probst [1], pubblicò un lavoro nel quale riporta la descrizione delle

[1] Probst M., *Physiologische, anatomische und pathologische-anatomische Untersuchungen des Sehhügels.* Arch. f. Psych., Bd. 33, H. 3, 1900.

degenerazioni consecutive alle lesioni talamiche, eseguite sui cani e sui gatti servendosi del suo metodo che consiste nell'introdurre un ago-cannula fornito di uncino mobile attraverso il corpo calloso per la via della fessura interemisferica. In questo modo egli produsse lesioni della regione caudale del talamo, della porzione laterale del corpo mammillare, dei fasci di Vicq d'Azir e di Meynert, dei nuclei mediali, della parte mediale dei nuclei laterali del talamo e della *thaenia thalami*. In altri animali lese la porzione interna del piede del peduncolo, la porzione caudale dei nuclei ventrali, la irradiazione della cuffia, la terminazione del lemnisco, i nuclei mediali del talamo, il margine interno del corpo genicolato esterno e la porzione caudale dei nuclei laterali del talamo. Riassumendo l'A. ha prodotto in vari animali lesioni dei differenti nuclei talamici, e dal risultato dell'esame delle degenerazioni, ha concluso che i sistemi di fibre discendenti che degenerano in seguito a lesioni circoscritte del talamo non oltrepassano la regione prossimale del ponte: il talamo non invia fibre discendenti al midollo, ma lo stimola indirettamente mediante le sue connessioni col nucleo rosso, con le bigemine, col nucleo della commissura posteriore e con la sostanza grigia centrale. Esistono al contrario vie spinali ascendenti in connessione diretta col talamo, mentre le fibre del lemnisco mediale, da qualunque punto si originino, non oltrepassano il talamo. In riguardo alle connessioni fra talamo e corteccia, l'A. conclude che esistono fibre talamo-corticali e fibre cortico-talamiche. Egli ha ben seguito con l'aiuto del metodo Marchi, il decorso delle vie talamo-corticali, ed ha stabilito che dai nuclei talamici anteriore e mediano si irradiano fibre nei giri frontali, e che dal pulvinar si irradiano fibre al lobo occipitale. Inoltre ha stabilito che il talamo invia numerose fibre al lobo parietale ed ai giri centrale e fornicato. L'autore non dice nulla delle vie ottiche extracerebrali, e nello stesso lavoro riporta lo studio di un caso di emorragia circoscritta al talamo sinistro in una vecchia demente, il cui reperto anatomioo si trovò concordante con i risultati sperimentali.

Un altro lavoro sul decorso delle vie ottiche centrali del medesimo autore comparve nel 1901. Riguarda esperimenti fatti su cani e gatti nei quali furono praticate asportazioni della zona visiva corticale. Da questo studio conclude che le fibre cortico-talamiche seguono lo strato sagittale mediale, e che molte di esse raggiungono il pulvinar ed il nucleo laterale del talamo, poche fibre invece vanno al corpo genicolato esterno ed al tubercolo quadrigemello anteriore. Viceversa le fibre talamo--corticali passano per lo strato sagittale laterale: esse sono fibre che dal pulvinar e dal corpo genicolato esterno vanno alla corteccia visiva.

Il Tanzi [1] (1902) sperimentò su sei conigli ai quali fece l'*exenteratio bulbi* da un lato, subito dopo la nascita, e che uccise dopo sei mesi. Inoltre in due conigli fece la stessa operazione bilateralmente come pure su due cani neonati. All'esame dei cervelli dei conigli operati da un solo lato, si trovò che il tubercolo quadrigemello anteriore del lato opposto a quello operato, era inalterato, viceversa quello dello stesso lato aveva lo *stratum zonale* del tutto scomparso, mentre gli altri strati erano quasi normali.

[1] Tanzi E., *Sulla atrofia secondaria indiretta degli elementi nervosi.* Riv. di Pat. nerv. e ment., 1902.

Il corpo genicolato esterno era notevolmente rimpiccolito nel lato opposto alla lesione, mentre l'altro nucleo posto immediatamente al disotto di esso, e che viene designato col nome di corpo genicolato esterno ventrale, poteva ritenersi inalterato. Lo *stratum zonale* del corpo genicolato esterno era fortemente assottigliato, la diminuzione di questo strato si estendeva anche alla parte mediale, che ricopre il nucleo dorsale del talamo (il quale del resto non presentava modificazioni), e si spingeva fin quasi al *ganglion habenulae*. Nella corteccia cerebrale nessuno dei metodi di colorazione, di cui si servì l'A., riuscì a mettere in rilievo qualche alterazione. Nei conigli operati bilateralmente si osservarono i medesimi fatti in ambo i lati. Nei cani con gli occhi enucleati si notò che i tubercoli quadrigemelli anteriori avevano lo *stratum zonale* assai ridotto, ma ancora ben distinto, mentre la massima alterazione si riscontrava nello strato grigio sottostante che era molto ridotto di spessore e povero di fibre. I corpi genicolati esterni si presentavano notevolmente rimpiccoliti. La corteccia del lobo occipitale si poteva ritenere come normale, se si eccettui una certa scarsità di fibre nella stria di Gennari. In un cane anoftalmico tenuto in vita per un anno, le vie ottiche primarie erano completamente assenti, le eminenze bigemine anteriori collo strato superficiale povero di fibre e lo strato grigio superficiale assottigliato, il corpo genicolato esterno era diventato piccolo e povero di fibre, la corteccia visiva si mostrava assottigliata e la stria di Gennari impoverita di fibre.

Anche noi nel 1902, come vedremo nell'ultimo capitolo di questo volume, pubblicammo un lavoro sulle degenerazioni che susseguono al taglio di una benderella ottica, servendoci del metodo del Marchi. La benderella fu tagliata in prossimità del chiasma, e tra gli altri fatti osservati, si notò che nel moncone centrale vi erano numerose fibre degenerate sparse indifferentemente in tutta la sezione di esso. Queste fibre degenerate erano in numero maggiore di quelle riscontrate nelle sezioni del chiasma.

Panichi (1903) ([1]), occupandosi del centro psichico della visione nelle scimmie, riporta anche i risultati dell'esame dei cervelli di questi animali operati di asportazione dei lobi occipitali e parietali, e nota che il corpo genicolato esterno era atrofico e il pulvinar degenerato, mentre il nervo ottico era normale.

Il Roussy (1907) ([2]), basandosi sulle ricerche sperimentali eseguite come abbiamo detto, su cinque animali, e studiate col metodo del Marchi, viene alle seguenti conclusioni:

1. Il talamo ottico è il centro di origine di un gran numero di fibre che nascono dalle cellule ganglionali di questo nucleo per irradiarsi nelle differenti parti dei centri nervosi, dell'encefalo, del mesencefalo e del romboencefalo.

2. Tra esse numerosissime sono le fibre ascendenti corticipete, fibre talamo-corticali le quali insieme alle fibre talamopete, fibre cortico-talamiche, numerose al pari delle prime, formano la corona raggiata talamica. Le fibre talamo-corticali, secondo il loro destino o la loro origine, possono essere divise in fibre talamo-corticali

([1]) Panichi L., *Sulla sede del centro psichico della visione nelle scimie,* Arch. per le Scienze mediche, 1903.

([2]) Roussy G., *La couche optique.* Paris, Steinheil, 1907.

anteriori o frontali, in fibre talamo-corticali medie o fronto-parietali, in fibre talamo-corticali inferiori o temporo-occipitali e in fibre talamo-corticali posteriori.

3. Inoltre è verosimile che dal talamo ottico partano fibre che, attraverso il corpo calloso, guadagnino la corteccia e anche il talamo ottico dell'emisfero del lato opposto. Queste fibre possono essere divise in fibre talamo-corticali incrociate e in fibre talamo-talamiche. La loro presenza basterebbe, senza che sia necessario di ricorrere all'ipotesi di fasci sensitivi con destinazione bilaterale delle vie anteriori, per spiegare il ristabilirsi della sensibilità negli animali in esperienza con lesioni di un solo lato.

4. Dal talamo ottico partono fibre che vanno al corpo striato: fibre talamo--striate.

5. Le fibre talamofughe discendenti nel cervello medio e nel rombencefalo sono molto meno numerose, e soprattutto molto più corte delle fibre ascendenti corticipete. Nella scimmia esistono fibre talamo-rubriche, che per mezzo dei fasci talamico e lenticolare e per il campo di Forel, arrivano alla capsula del nucleo rosso. Pur ammettendo con Probst che un certo numero di queste fibre terminano nelle cellule di questo nucleo, l'A. crede che una parte di queste fibre talamofughe possono essere seguìte più in basso nel nastro di Reil mediano sino alla parte anteriore della protuberanza e forse anche nel peduncolo cerebellare superiore (fibre talamo-cerebellari). Le fibre talamo-reticolate risultarono poco numerose. L'autore non potè fare la dimostrazione delle fibre che mettono in relazione il talamo con i tubercoli e con il rinencefalo, a causa della qualità delle lesioni fatte negli animali.

6. Non esistono nè nell'uomo, nè nel cane fibre talamofughe che mettano in connessione diretta il talamo ottico con il midollo spinale.

Dal complesso delle deduzioni alle quali pervengono gli AA. già citati, risulta che la distruzione del globo oculare porta come conseguenza la degenerazione cortico--petale che colpisce il nervo ottico, la benderella ottica, il corpo genicolato esterno, il pulvinar, i tubercoli quadrigemelli anteriori e la corteccia della zona visiva. Viceversa l'asportazione della corteccia visiva porta come conseguenza la degenerazione cortico-fugale delle radiazioni ottiche di Gratiolet, dei corpi genicolati esterni, dei pulvinar, tubercoli quadrigemelli anteriori, della benderella ottica e del nervo ottico.

I nostri reperti confermano indirettamente molti di questi risultati. Crediamo di essere in primo luogo autorizzati a togliere qualsiasi importanza alla degenerazione riscontrata nelle vie piramidali, sia nel cane operato di pulvinar (cane **A**), sia in quello operato di nucleo anteriore (cane **B**), perchè, essendo avvenuta contemporanea alterazione dei giri prespleniale e spleniale, i quali, come è noto, sono di funzione motrice nei cani, così è probabile che quella degenerazione dipenda dalla lesione corticale e non da quella del talamo ottico. Infatti, seguendo il decorso della degenerazione in alto, si osserva benissimo che questa proviene in modo evidente dalla corteccia: abbiamo infatti visto che la degenerazione del *pes pedunculi* si può seguire nella parte inferiore del segmento posteriore, nel ginocchio e nella parte inferiore del segmento anteriore della capsula interna. Questa conclusione è poi confermata dal fatto che la medesima degenerazione si trova nei cervelli dei due cani mentre il rimanente delle alterazioni varia nei due animali.

Consideriamo ora innanzi tutto le degenerazioni che abbiamo notato nel cervello del cane A, nelle sezioni comprendenti la benderella ottica e il fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet. Riguardo alla benderella ottica, dal risultato dei nostri reperti deduciamo che nella costituzione dei fasci delle fibre degenerate di essa, concorrono quelle che hanno il loro centro di origine nel corpo genicolato esterno: infatti questo nucleo non solo si presenta scarso di fibre, ma presenta anche un'alterazione grave dei corpi cellulari. La stessa cosa non possiamo dire del pulvinar poichè questo in gran parte è stato asportato e nella rimanente è degenerato; e se è lecito ammettere che le cellule di questa ultima parte pulvinarica siano il centro di origine di alcune delle fibre degenerate della benderella, non possiamo dire il medesimo di quelle cellule che costituivano la parte pulvinarica asportata. Infatti si potrebbe obiettare che noi coll'asportare parte del pulvinar, altro non abbiamo fatto che interrompere la continuità delle fibre, le quali, pur avendo decorso ascendente, non si arresterebbero nel pulvinar, ma continuerebbero il loro cammino per raggiungere forse altri nuclei talamici. Nè viene in appoggio il fatto che in questi altri nuclei non si sono riscontrate degenerazioni e atrofie, poichè ci è noto che col metodo delle degenerazioni ciò non si vede in quanto che, tagliando una fibra nervosa, mentre degenera la parte periferica, rimane ancora per molto tempo normale il moncone centrale e il corpo cellulare i quali si atrofizzano a lungo andare, dopo più anni.

Un'altra osservazione riguarda lo *stratum zonale* del pulvinar, il quale, come abbiamo detto, si trovò normale fino al limite della cicatrice. Ciò indica chiaramente che le fibre che costituiscono lo *stratum zonale* del pulvinar sono, almeno in gran parte, talamipete. Diciamo in gran parte perchè col metodo Weigert non si può scorgere se insieme vi siano fibre che provengono dal talamo. Certamente poi lo *stratum zonale* del pulvinar è formato da fibre provenienti dalla retina in quanto che è stato visto che moltissime fibre della parte laterale della benderella ottica rimasta normale, vanno a finire nello *stratum zonale* del pulvinar, e non possiamo escludere che in esso arrivino fibre provenienti da altre parti.

In riguardo al fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet, dobbiamo ammettere che parte delle fibre che lo costituiscono hanno il loro centro di origine nel corpo genicolato esterno e nel pulvinar, e ciò in base alle eguali considerazioni fatte per ammettere nel pulvinar e nel corpo genicolato esterno il centro di origine delle fibre degenerate della benderella ottica. Infatti, da un lato abbiamo la degenerazione dei gruppi cellulari del corpo genicolato esterno e delle parti non asportate del pulvinar, e dall'altro lato abbiamo che questo processo degenerativo si estende a quasi tutto il fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet. Possiamo quindi concludere che parte delle fibre costitutive di questo fascio sono cilindrassi provenienti dalle cellule dei corpi genicolati esterni e di parte del pulvinar. Però dobbiamo aggiungere che, poichè una gran parte del pulvinar fu asportata, si può anche ammettere che forse molte delle fibre degenerate del fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet hanno il loro centro di origine in altri nuclei del talamo, dal momento che, asportando gran parte del pulvinar forse non abbiamo fatto altro che recidere quelle fibre nel loro decorso.

Un'altra osservazione ci resta da fare in riguardo alle radiazioni ottiche di Gratiolet, cioè quella che la degenerazione di esse non solo è parziale, ma è localizzata

bene al terzo inferiore della parte delle radiazioni che contorna nel lato esterno il corno occipitale del ventricolo laterale. In questo fascio degenerato abbiamo visto che le fibre non sono disposte in gruppi più o meno distinti, ma sono sparse e soltanto poche si trovano qua e là sane. In conseguenza, non possiamo essere d'accordo con Probst, il quale sostiene che le fibre talamo-corticipete occupano nel fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet la parte laterale, ossia quella che è in contatto con il fascio longitudinale inferiore. In quanto ai tubercoli quadrigemelli anteriori non possediamo argomenti per poterli mettere in rapporto con le degenerazioni osservate nella benderella e nel fascio di Gratiolet; infatti abbiamo veduto che essi, lesi nella parte più convessa delle loro faccie superiori, non hanno presentato degenerazioni che nel solo *stratum zonale*, mentre i rimanenti strati sottostanti si sono conservati normali. Ciò ci impedisce di stabilire che le fibre degenerate dello *stratum zonale* dei tubercoli quadrigemelli anteriori siano fibre che raggiungano i gruppi cellulari sottostanti o siano fibre che ne dipartano.

Rammentiamo che il lemnisco è stato trovato sano in tutto il suo percorso, la qual cosa indica che dal pulvinar non partono fibre discendenti ad esso, e che dalla corteccia non partono fibre che lo raggiungano dopo avere attraversato il pulvinar. Un fatto nuovo confermato posteriormente da altri è la degenerazione della commissura di Meynert. È noto che Darkschewitsch e Pribytkow la mettono in connessione col nucleo lenticolare, col corpo di Luys e col lemnisco mediale. Le connessioni col nucleo lenticolare sono oramai fuori di discussione, ma quelle col corpo di Luys e col lemnisco mediale sembrano a Déjérine poco assodate, ritenendo questo autore che le fibre curve che paiono distaccarsi dalla commissura di Meynert per portarsi sia nel corpo di Luys, sia all'indietro di questo corpo nella regione del lemnisco mediale, appartengono invece al sistema delle radiazioni strio-luysiane. Tutti gli AA. poi sono concordi nell'ammettere che la commissura di Meynert non ha alcuna connessione con i corpi genicolati esterni ed interni e con la benderella ottica. Noi non abbiamo alcun argomento per poter mettere la commissura di Meynert in relazione con il corpo genicolato esterno o con il pulvinar, notiamo soltanto il fatto, lasciando che altri ne dia la interpretazione.

Finalmente nel lobo occipitale è stata riscontrata la scomparsa quasi totale della stria di Gennari. È noto che la stria di Gennari o nastro di Vicq d'Azir, che corrisponde alla stria esterna di Baillarger delle altre regioni della corteccia, consta di una filiera ben serrata di fibre a direzione tangenziale. Alcuni credono che le fibre della stria di Gennari siano costituite da collaterali dei cilindrassi di quelle cellule triangolari e fusiformi del terzo strato della corteccia occipitale (strato del nastro di Vicq d'Azir) che mandano il cilindrasse direttamente verso lo strato molecolare (1° strato), e da collaterali dei cilindrassi delle cellule ovoidi triangolari e stellate dello stesso terzo strato, il cui cilindrasse da prima diretto in basso, si curva poi in alto. Altri sostengono che le fibre della stria di Gennari sono costituite da qualche arborizzazione terminale proveniente dai cilindrassi ascendenti. Noi, avendo trovato moltissime fibre della stria di Gennari scomparse, incliniamo a credere che queste sieno in gran parte arborizzazioni terminali o collaterali di gran parte dei cilindrassi ascendenti delle radiazioni ottiche di Gratiolet. In riguardo poi alla degenerazione del

fasciculus retroflexus di Meynert, notiamo che essa dipende dalla lesione primitiva del *ganglion habenulae*.

Nel cane **B** (operato di nucleo anteriore del talamo destro) noi abbiamo osservato la sclerosi delle restanti parti del nucleo anteriore, le quali non furono asportate, e la degenerazione parziale della zona reticolata, della lamina midollare interna ed esterna (nella porzione antero-superiore ossia prossima al nucleo anteriore del talamo), ed infine la degenerazione parziale delle radiazioni ottiche di Gratiolet. Le connessioni del nucleo anteriore del talamo con il resto del cervello sono ancora oggi oggetto di discussione. Per Monakow il nucleo anteriore del talamo è in connessione con il globulo paracentrale, con la circonvoluzione frontale interna e con la circonvoluzione limbica, e considera queste regioni come la zona corticale di quel nucleo. Ma il Déjérine nega la relazione con il lobulo paracentrale (caso Scheule). Al contrario si sa con certezza che nel nucleo anteriore termina il fascio di Vicq d'Azir, che prende origine nel tubercolo mammillare. Avendo noi riscontrato la degenerazione completa della parte postero-superiore del nucleo anteriore, e contemporaneamente la degenerazione parziale delle radiazioni ottiche di Gratiolet, dobbiamo conchiudere che una porzione delle fibre di queste radiazioni proviene dal nucleo anteriore del talamo dove prenderebbero origine. Queste fibre, provenienti dalle cellule della parte postero-superiore del nucleo anteriore del talamo, si recherebbero, attraverso la lamina midollare esterna e la capsula interna, al lobo occipitale prendendo parte alla costituzione delle radiazioni ottiche di Gratiolet. Inoltre è stato visto che la degenerazione delle radiazioni ottiche di Gratiolet è nel nostro caso limitata alla parte inferiore di questo fascio e propriamente alla parte che contorna il *folliculum* del corno occipitale del ventricolo laterale. Però con questo noi non ci crediamo autorizzati ad escludere ogni connessione del nucleo anteriore del talamo con altre parti degli emisferi, poichè il metodo Weigert non ci potrebbe permettere di seguire il decorso di quelle fibre che dal nucleo anteriore del talamo si recassero al lobo frontale o paracentrale. Solo con l'aiuto del metodo Marchi si potrebbe scoprire il decorso di queste fibre attraverso la grande trama della corona raggiata fino al centro ovale di quelle circonvoluzioni. Finalmente occorre mettere in evidenza il fatto che nel cervello del cane **B** non furono trovate degenerazioni nelle benderelle, nel chiasma e nei nervi ottici.

Volendo ora riassumere le conclusioni anatomiche che si possono trarre dallo studio dei cervelli dei due cani, diremo che nel primo cane (**A**) che ha subìto l'asportazione della regione del pulvinar, bisogna riunire questa lesione a quella del corpo genicolato esterno il quale fu trovato atrofico. Esse quindi possono così riassumersi:

a) La lesione del pulvinar e del corpo genicolato esterno è seguìta da degenerazione discendente (vie ottiche periferiche) e da degenerazione ascendente (radiazioni ottiche di Gratiolet). La radiazione nella benderella ottica occupa la metà interna, e quella del fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet è limitata al 3° inferiore di quella parte delle radiazioni che corrono lungo il lato esterno del ventricolo laterale.

b) Lo *stratum zonale* del pulvinar è composto di fibre talamipete provenienti in gran parte dalla porzione laterale della benderella ottica.

c) Il pulvinar non dà origine a fibre discendenti nel lemnisco, nè è attraversato da fibre che dalla corteccia si recano al lemnisco.

Dallo studio del cane (**B**) operato di nucleo anteriore del talamo deduciamo che quel nucleo è in rapporto con il lobo occipitale, dando origine a molte di quelle fibre delle radiazioni ottiche di Gratiolet che contornano il *folliculum* del corno occipitale del ventricolo laterale. Inoltre questa lesione non porta la degenerazione delle vie visive periferiche.

Le ricerche anatomiche in questo modo confermano quelle fisiologiche da noi già menzionate. Esse escludono qualsiasi lesione di moto e di senso, non avendo noi nello studio anatomico riscontrato alcuna degenerazione di fasci motori e sensitivi. Il talamo ottico certissimamente è legato con la funzione visiva. Però questo legame è probabilmente limitato dalla parte pulvinarica dove pare che vadano a finire le fibre della benderella ottica. Se però queste fibre siano tali e tante da dare dei disturbi visivi permanenti, noi non possiamo affermarlo, inquantochè, come abbiamo detto, nel cane **A** oltre l'asportazione del pulvinar, furono trovati atrofici il corpo genicolato esterno e i tubercoli quadrigemelli anteriori. Non è difficile che questi ultimi abbiano più importanza del pulvinar. Nei rimanenti nuclei del talamo non sono rilevabili degenerazioni che siano in connessione colla benderella ottica.

In riguardo agli altri sensi specifici, le ricerche anatomiche punto ci giovano, inquantochè noi non siamo riusciti a scoprire nessuna alterazione degna di mettersi in rapporto col talamo da una parte e con le vie olfattorie, gustative e uditive centrali dall'altra. D'altronde, queste ultime sono ancora poco note, e la ricerca della localizzazione dei centri dell'odorato e più ancora del gusto affaticherà ancora per un pezzo anatomici e fisiologi. Interessante però è sempre il fatto che i cani operati di talamo, ad eccezione di quelli in cui è stata lesa soltanto la parte interna, si presentano con il gusto dell'amaro perduto.

Vogliamo ancora rammentare che le ricerche anatomiche da noi eseguite sono state fatte adoperando il metodo Weigert. Sono però in corso di studio altre ricerche col metodo Marchi.

IX.

Sulla fisiologia del nucleo caudato [1].

I corpi striati sconosciuti dagli antichi, appariscono descritti per la prima volta nelle opere degli anatomici del secolo XIV, ma le prime notizie intorno alla loro funzione datano dal secolo XVII. In questo periodo di tempo ed anche in seguito il corpo striato fu considerato come unica formazione, di modo che riesce impossibile scindere quello che si riferisce al nucleo caudato da ciò che riguarda il nucleo lenticolare.

[1] Queste ricerche furono pubblicate nella Riforma Medica, anno XVIII, 1902, in collaborazione con lo studente laureando G. Bellanova.

Willis [1] li considera *crurum medullae oblungatae apices* in continuità del tessuto del corpo calloso. Per la loro situazione tra il cervello e la sua appendice, cioè la midolla allungata e la spinale, giudica che siano veri e propri *diversoria*, che ricevono e mandano dapertutto gli spiriti animali; il luogo dove tutti gli organi fanno convergere le impressioni per mezzo dei nervi e dal quale s'irradiano tutte le sensazioni ed i movimenti volontari. Secondo Villis, i corpi striati sono la sede del sensorio comune.

Vieussens [2] al contrario pensa che gli spiriti animali elaborati dalla corteccia cerebrale passano in parte nel centro ovale in parte pei tratti bianchi o strie oblique e trasverse che si mostrano dopo l'abrasione della corteccia grigia superficiale dei corpi striati. Essi perciò sono punti, stazioni di passaggio tra la corteccia e la midolla spinale.

Queste dottrine, evidentemente ipotetiche, dominarono abbastanza lungamente e molti fisiologi e patologi si adoperarono con esperimenti sugli animali e con osservazioni cliniche di provarne l'attendibilità.

Serres [3] osservò che le paralisi parziali del braccio e della gamba dipendenti da lesioni degli emisferi cerebrali coincidono sempre con alterazioni delle radiazioni dei talami ottici e delle radiazioni anteriori dei corpi striati. Da ciò egli ricava come conseguenza che l'alterazione o la distruzione (per mezzo di una profonda incisione per esempio) della parte media della capsula interna formata, secondo lui, dall'intrecciarsi inferiormente delle radiazioni del talamo ottico e del corpo striato, è costantemente seguìta da emiplegia completa.

Nelle sue celebri esperienze di vivisezione Saucerotte aveva creduto di constatare che le fibre midollari destinate alla formazione dei nervi delle estremità venivano da tutti i punti degli emisferi a riunirsi nei corpi striati e che questi gangli essendo l'*endroit* di concorso delle fibre midollari dovevano possedere una sensibilità più squisita che gli emisferi. Egli aveva pure ammesso che oltre i nervi dell'estremità quelli che vanno ad innervare, sempre dal lato opposto i muscoli delle labbra passano anche pel corpo striato. La parola e l'afonia sono in relazione con l'integrità o meno di questo ganglio. Pourfour, De Petit, Sabourant condividono questa opinione, ma Andral [4] la nega recisamente.

Broca accetta l'ipotesi che i corpi striati siano organi motori, ma che non hanno nulla di comune con la funzione puramente intellettuale del linguaggio articolato, ma solo concorrano alla produzione dell'articolazione delle parole, fenomeno semplicemente muscolare.

Renzi [5], messi allo scoperto i corpi striati nei porcellini d'India, li pungeva superficialmente e profondamente, senza produrre il menomo fenomeno di eccitamento e dolore. Nè questi risultati negativi meravigliano, quando si pensi che egli scopriva i gangli della base, asportando prima i due emisferi e dividendo il corpo calloso.

[1] Willis, *Cerebri anatomia* ecc. Londra, 1604.
[2] Vieussens, *Nevrographia universalis*, 1684.
[3] Serres, *Anatomie comp. du cerveau dans les classes des animaux vertebrés.* Paris, 1826.
[4] Andral, *Anatomie et Physiologie du syst. nerv.*, 1842.
[5] Renzi, Annali universali di medicina, 1864.

Lussana [1] partendo dal concetto che il corpo striato è un'introflessione della corteccia cerebrale, ritiene che la fisiologia di esso si comprende in quella degli emisferi, i quali negli animali inferiori sono costituiti per intero dai nuclei grigi della base. Combatte le opinioni di Saucerotte, e sostiene che la sua ablazione produce diminuzione di intelligenza, mentre l'eccitamento è causa di frenesia e delirio con movimenti impetuosi.

Magendie [2] emise in proposito un'opinione tutta propria. Egli ammette nei mammiferi e nell'uomo una forza propulsiva che risiede nel cervelletto, ed una forza repulsiva nel corpo striato. Nello stato normale dell'organismo queste due forze sono dirette dalla volontà, e si contrabbilanciano, quando però la sede dell'una o dell'altra è lesa, la forza antagonista rimasta attiva, spiega tutta la sua potenza. Da ciò la propulsione irresistibile dopo la sottrazione del corpo striato. Perchè questo fenomeno si osservi, Magendie consiglia di asportare la sostanza grigia e la bianca del corpo striato, ed allora solamente l'animale s'agita e cerca di scappare. Se la lesione è unilaterale, l'animale resta ancora padrone dei suoi movimenti, e li dirige con la sua volontà; asportando anche l'altro, l'animale immediatamente si precipita in avanti spinto da una forza irresistibile.

Longet [3] ha ripetuto le esperienze di Magendie su numerosissimi conigli, avendo cura che fossero robusti e dell'età di 3-4 mesi. Egli tolse gli emisferi ed i corpi striati rasente al bordo anteriore dei talami ottici, ed i conigli rimanevano immobili. Levando i soli corpi striati e quella porzione di emisferi dove si irradiano, ha ottenuto lo stesso effetto.

Lafargue [4], sperimentando sui corpi striati, ha visto che l'ablazione di essi produce profondo stupore e quando si eccitavano a camminare, il passo era lento e titubante, perchè gli animali rimanevano ciechi. In tutti i casi non notò mai una propulsione rapida durante l'atto della distruzione; solo due volte vide i conigli precipitarsi in avanti dopo la mutilazione. Il reperto necroscopico dimostrò in tutti e due i casi, la sezione dei corpi striati e la lesione dei nervi ottici, perciò crede che la propulsione osservata da Magendie, non è dovuta ad un organo motore particolare, ma al dolore e alla cecità che lo rende più intollerabile.

Schiff [5] completò le teorie di Longet e Lafargue in ciò che gli animali operati, a cui per denudare i corpi striati erano stati asportati i lobi cerebrali o parte di essi, presentavano evidenti disturbi del senso muscolare. Rigetta ogni specifica eccitabilità dei nuclei caudati e riconosce in essi fisiologicamente il cominciamento dei lobi cerebrali. Schiff ritiene che la perdita degli emisferi o di organi simili impedisce che agli animali l'immagine obiettiva della situazione anomala degli arti e quella soggettiva del punto normale si fondono in uno stimolo comune. Perciò gli animali rimangono in quiete quando si mettono gli arti in posizione anormale e la

(1) Lussana, Annali universali di medicina, 1884.
(2) Magendie, *Elem. de Physiol.*, 1856. T. I.
(3) Longet, *Traité de Physiol.* 1868.
(4) Lafargue, *Thése de Paris*, 1872.
(5) Schiff, *De vi motoria baseos encephali*, p. IV, 1875.

mantengono senza reagire lungamente ed anche contro gli stimoli che tendono a fargliela perdere.

Mentre i precedenti esperimentatori avevano considerato il corpo striato *in toto* e le teorie sulla sua funzione si estendevano tanto al nucleo caudato che al nucleo lenticolare, Nothnagel tentò di studiarlo isolatamente, e se le teorie che ammise in base dei suoi esperimenti sono criticabili, pure resta il solo che si sia primo preoccupato di limitare il più possibile la lesione, perchè i fenomeni di deficienza delle parti vicine non venissero a complicare quelli dovuti al ganglio distrutto. I metodi adoperati da lui sono due: l'iniezione di piccola quantità di acido cromico nel 3° ventricolo, e l'uso di un trequarti munito di alette col quale scendeva attraverso la scissura interemisferica fino al pavimento del 3° ventricolo e con movimenti di lateralità poteva distruggere la testa di uno o di ambedue i nuclei caudati. Egli osservò che se la lesione cadeva su di un determinato punto della testa del nucleo caudato, che denominò *nodus cursorius*, l'animale dopo essere rimasto immobile, spiccava un salto, poi un altro e si metteva a correre finchè cadeva spossato; se invece di irritazione c'è distruzione, allora eseguiva movimenti di maneggio. Si notavano ancora disturbi della motilità e precisamente deviazione degli arti nella corsa quando erano state distrutte grosse parti del corpo striato. In base a questi risultati, Nothnagel [1] emise con riserva l'ipotesi che il nucleo caudato sia in relazione con quei movimenti complessi che vengono provocati da un impulso psichico e si continuano automaticamente senza bisogno di essere provocati da eccitamenti volontari nuovi. Contrariamente a Schiff che nega al nucleo caudato qualsiasi funzione centrale, Nothnagel riconosce che il movimento della corsa non è dipendente, come pensa Schiff, dalla soppressa funzione degli emisferi; ma è prodotto dall'irritazione del nucleo caudato.

Fournier iniettando cloruro di zinco vide che il cane dopo l'operazione correva per circa 10 minuti e poi cadeva paralizzato.

Carville e Duret, ripetendo le esperienze col trequarti ad alette, notarono che alla distruzione del nucleo caudato seguiva emiplegia del lato controlaterale; l'emiplegia era completa quando veniva lesa la capsula interna. Secondo questi due autori la comunicazione dei due emisferi con le vie periferiche si farebbe per mezzo del nucleo caudato.

Schwohn ed Eckhard non confermarono il *nodus cursorius* e Betckerew osservò il fenomeno della corsa per lesioni del pavimento del 3° ventricolo, perciò emette il dubbio che il corpo striato non ha influenza alcuna sulla comparsa di questo sintoma, perchè gli sembra plausibile che la vicinanza di questo ganglio col 3° ventricolo fa si che ogni lesione del ganglio irriti il pavimento ventricolare e da ciò la corsa.

Rezek appoggia la sua opinione sull'osservazione clinica e sperimentale: egli crede vera l'ipotesi di Nothnagel relativa ai rapporti del nucleo caudato coi movimenti del cammino e della corsa, e, senza dare alle sue idee ampio svolgimento, assicura d'avere esattamente osservato i fatti ed intravisto la natura motrice di questo ganglio.

(1) Nothnagel, Virchow's Archiw., 1876.

Baginski e Lehmann [1] prendendo a studiare il nucleo caudato, si preoccuparono di non ledere oltre il ganglio anche la corteccia cerebrale che lo copre come purtroppo era accaduto ai precedenti esperimentatori. Considerando inoltre che i fenomeni si modificano col tempo, concentrarono i loro sforzi a mantenere in vita più lungamente possibile gli animali operati. Di metodi ne provarono tre, però uno solo dette risultati soddisfacenti, mentre gli animali operati con i primi due non sopravvissero che pochi giorni. Il concetto che informa il metodo di scelta è ingegnoso ed originale: aspirare esattamente una parte del cervello senza ledere le altre. All'uopo si servivano di una boccia simile a quella dell'aspiratore di Potain che da una parte era in comunicazione per mezzo di un tubo con una pompa aspirante, coll'altra con un sottile tubo di vetro che si metteva in rapporto col nucleo caudato attraverso una breccia ossea praticata nell'angolo retto che forma la sutura sagittale incontrando la coronaria. Aspirando ora molto, ora poco del nucleo caudato osservarono deficienza del lato opposto a quello operato, assenza del senso muscolare ecc. I fenomeni scomparivano completamente dopo qualche tempo. Confermarono ancora l'elevazione della temperatura a 40° che qualche giorno dopo cadeva al normale, ciò che prima era stato notato da Sachs, Ott e Richet. Da ciò dedussero che esistono rapporti tra il centro della temperatura e il nucleo caudato.

Minor [2] eccitando la superficie del nucleo caudato con l'elettricità notò movimenti nel lato opposto in forma di pleurototono, cosa che otteneva pure eccitando la porzione annessa della zona raggiata. Colle correnti deboli notò che il nucleo caudato resta ineccitabile, mentre la corona raggiata reagisce. In altre esperienze egli distrusse il nucleo caudato col metodo Nothnagel e vide che quando non era lesa la capsula interna, i fenomeni paralitici o mancavano od erano fugaci. Ad un cane estirpò la zona motrice, e dopo parecchio tempo quando doveva essersi già effettuata la degenerazione ascendente delle vie piramidali, eccitò il nucleo caudato dello stesso lato e non ebbe movimenti. Escluse perciò, in base a questi risultati, l'eccitabilità del nucleo caudato, e mise in dubbio la funzione motoria di questo ganglio. Il Minor aggiunge che l'irritazione della coda del nucleo caudato e di un punto della corteccia cerebrale è seguìta da dilatazione dei vasi dell'occhio opposto.

Sgobbo [3] operò di nucleo caudato tre conigli e sette cani, riuscendo in due conigli e in quattro cani. Egli si servì del trequarti di Nothnagel e dopo l'operazione, notò paralisi del lato opposto che scompariva dopo un periodo di tempo che si estendeva al massimo fino al 35° giorno.

Non osservò disturbi sensitivi, ed egli concluse che il nucleo caudato non ha alcuna funzione di moto e di senso, e che la paralisi era da attribuirsi alla compressione di parti vicine, prodotta dal versamento sanguigno nei ventricoli, all'infiammazione locale ed al trauma. Sortogli il dubbio che la sua conclusione, forse vera, poteva essere messa in dubbio, giacchè il ripristinamento funzionale della parte paralizzata non esclude la natura del ganglio in esame, riprese l'argomento esten-

(1) Baginski e Lehmann, Virchow's Archiw., 1886.
(2) Minor, *Thése de Mosca*, 1852.
(3) Sgobbo, Atti della R. Accad. di Napoli XLVI, nuova serie III, 1892.

dendo le sue ricerche a tutto il corpo striato. Gli animali operati furono molti, e l'operazione ora si limitava a ledere solo un nucleo caudato, ora tutti e due, ora le zone motrici, ora le zone motrici ed il nucleo caudato contemporaneamente. I nuovi risultati confermarono quelli precedenti, cioè che il corpo striato non ha funzione nè di moto nè di senso. È notevole però il fatto che le lesioni di ambedue i corpi striati, oppure di un solo corpo striato e della corrispondente zona motrice producevano paralisi più gravi e permanenti, che non quelle derivanti da lesioni di una di queste parti isolatamente. A spiegazione del fatto egli invoca la compressione che il versamento sanguigno esercita sulla vicina capsula interna.

Sellier e Verger (¹), usando l'elettrolisi bipolare per mezzo di due aghi circondati di un rivestimento isolante sulla maggior parte della loro superficie, poterono operare distruzioni limitate di parti centrali dell'encefalo senza lesioni delle parti vicine. In un cane operato completamente e sacrificato dopo 41 giorno, constatarono: emiplegia incompleta sinistra, riconoscibile fino alla morte, emianestesia tattile degli arti di quel lato, la quale si attenua rapidamente a partire dalla terza settimana, un'assenza completa del senso muscolare, l'integrità delle sensazioni dolorifiche del lato paralizzato. All'autopsia si rinvenne un focolaio della grossezza di un piccolo pisello, situato nella testa del nucleo caudato del lato destro, il quale focolaio si estendeva sul segmento anteriore della capsula interna. Le lesioni del nucleo caudato producono quindi un'emiparesi degli arti del lato opposto con disturbi sensitivi identici a quelli che accompagnano le paralisi corticali nel cane.

Luciani e Tamburini (²) ripetendo, dopo Hitzig, le esperienze sulla zona motrice negli animali (cani e scimie), emisero l'ipotesi che i gangli subcorticali abbiano la stessa natura funzionale della sostanza grigia della corteccia, che anzi dopo l'estirpazione di questa, possono assumerne vicariamente le funzioni in guisa da compensare almeno in parte i fenomeni paralitici che conseguono immediatamente alla mutilazione.

Questa ipotesi venne più tardi provata sperimentalmente da Luciani e Seppilli (³) in un cane, nel quale, in seguito a grave mutilazione corticale, per la quale venne distrutta gran parte della zona motrice, tutto il corpo striato e metà del talamo ottico; i fenomeni di deficienza sensorio-motori mostravansi assai evidenti dopo nove mesi dall'operazione. Questa spiccata resistenza dei fenomeni di deficienza, dicono i citati autori non si verifica quando la lesione interessa la sola corteccia, nemmeno nei casi di estirpazione in massa dei lobi anteriori del cervello, come ha dimostrato il Goltz.

Le osservazioni cliniche fatte sull'uomo ammalato e confermate al tavolo anatomico non hanno illuminato molto la funzione del nucleo caudato, quantunque molti patologi credano che esso sia un centro motore. Charcot (⁴) ammise che quando la lesione è circoscritta ai nuclei grigi (caudato e lenticolare) la paralisi di moto che sempre ne consegue è lieve, transitoria e benigna.

(¹) Sellier e Verger, Compt. rend. hebdom. des Scéances et Mem. de la Soc. de Biologie, 1898.

(²) Luciani e Tamburini, Rivista sperim. di Freniatria, 1878.

(³) Luciani e Seppilli, *Localizzazioni cerebrali*, Milano, Vallardi editore, 1885.

(⁴) Charcot, *Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau*, Paris, 1876.

Nothnagel [1] ritiene che se è necessaria la lesione della capsula interna perchè la paralisi sia grave e permanente, pure si ha sempre paralisi quantunque lieve e soltanto all'inizio, anche quando il focolaio ha sede nei nuclei caudati e lenticolare. Egli nega valore alle osservazioni che tendono a dimostrare come le lesioni circoscritte al nucleo caudato e lenticolare sieno passate senza dar luogo a paralisi, perchè o trattavasi di tumori che crescendo lentamente non danno sintomi (casi di Fürstner), ovvero di casi (come quello di Lepin ed il suo) in cui non si poteva escludere nell'anamnesi l'esistenza temporanea di paresi o di paralisi. Il fatto della paralisi transitoria, dice Nothnagel, non si spiega ammettendo che al principio della malattia siasi verificata un'azione a distanza della visione, azione che poi è scomparsa, perchè trattavasi spesso di rammollimenti. i quali di solito neanche in principio danno sintomi a distanza, e perchè fu trovata sempre intatta la capsula interna. Senza decidere la questione, egli accenna all'ipotesi che i nuclei grigi con grande facilità possono essere sostituiti funzionalmente o dall'omonimo sano dell'altro lato, oppure il lenticolare di un lato può essere sostituito dal caudato dello stesso lato e viceversa.

I casi patologici nella letteratura sono molti scarsi, e non molto dimostrativi. Sono stati tutti raccolti da Tonnini [2] il quale ne ha aggiunto un altro caduto sotto la sua osservazione:

a) Caso di Prevost: emiplegia, morte dopo pochi giorni. All'autopsia fu riscontrata emorragia nel capo del corpo striato di sinistra ed obliterazione dell'arteria silviana.

b) Caso Tonnini: emiplegia di moto e di senso a destra, scomparsa dell'emiplegia dopo tre giorni e morte dopo quindici giorni. All'autopsia si riscontrò nel lobo parietale destro una placca di rammollimento. Il nucleo caudato di sinistra fu trovato distrutto per lesione recente, mentre la capsula interna era illesa. Il Tonnini spiega la paralisi transitoria per lesione del solo nucleo caudato come effetto della compressione e dello squilibrio momentaneo nella capsula interna. Nega perciò qualsiasi significazione motoria tanto al nucleo caudato che al lenticolare.

c) Casi di Bidder (Virchow's Arch., LXXXVIII).

d) Casi di Field (Brain, 1880), non sono molto dimostrativi, come pure quelli raccolti da Déjérine, in cui le lesioni sono molto estese, e quindi non utili a determinare la natura funzionale dei gangli basali.

Dalla esposizione delle ipotesi e delle induzioni sperimentali appare evidente che le opinioni intorno alla fisiologia del nucleo caudato sono lungi dall'essere uniformi, e giova quindi riassumerle:

1) Il nucleo caudato col lenticolare è sede del *sensorium commune* (Willis).

2) Stazione di passaggio tra la corteccia e la midolla spinale (Vieussens).

3) Centro motore e sensatoriale con sensibilità più squisita di quella degli emisferi (Saucerotte, Pourfour, Du Petit Sabourant).

4) Centro repulsivo che contrabbilancia l'azione propulsiva del cervelletto (Magendie).

(1) Nothnagel, *Topische diagnostick der Gehirnkrankeit,* Berlin, 1877.
(2) Tonnini, *La Psichiatria,* 1883.

5) Organo di nessuna azione specifica nè motoria nè sensoriale (Renzi, Schiff, Lafargue, Sgobbo, Tonnini).

6) Centro della corsa (Nothnagel, Rezek).

7) Centro psichico (Lussana).

8) Centro motore (Serres) in relazione coll'articolazione delle parole (Broca), con gli arti del lato opposto (Carville e Duret, Baginski e Lehmann, Sellier e Verger, csservazioni cliniche).

9) Centro psico-motore capace di sostituire nella funzione la zona motrice lesa (Luciani e Tamburini).

10) Centro termico (Baginski e Lehmann, Ott e Richet, Aronshon e Sachs).

Una delle condizioni indispensabili alla quale un esperimento deve soddisfare per dirsi veramente scientifico è secondo Luciani, la limitazione la più possibilmente netta del segmento di cervello che si vuole studiare. Ciò è della più grande importanza, e se il citato autore insiste nel raccomandarlo, si è perchè a suo giudizio la dissonanza delle opinioni tra gli studiosi del cervello, ripete la sua origine dall'aver tenuto poco in conto e trascurata affatto questa condizione. Il cervello è l'organo più complesso dell'organismo vivente che in un volume relativamente piccolo, comprende funzioni molteplici e svariate la cui integrità o lesione si manifesta con segni speciali e del tutto caratteristici. Nello studio dei gangli subcorticali, più che per gli altri segmenti cerebrali, riusciva difficilissimo di premunirsi dall'errore di assegnare una funzione o esagerata o minima, o addirittura nulla, perchè la loro situazione profonda e la presenza al disopra di essi, degli emisferi, che li proteggono come ampio mantello, impediva che si ottenessero nell'aggredirli chirurgicamente, lesioni nette e limitate.

I fisiologi si sono preoccupati della scelta della via da seguire, come si rileva dai numerosi metodi operatori eseguiti e raccomandati, però, come abbiamo detto, non ci sembra che la maggior parte di essi siano i più adatti a sodisfare quella tale condizione del metodo sperimentale. Di essi abbiamo già parlato nei capitoli antecedenti dove abbiamo anche sostenuto la bontà del nostro metodo che fu anche adoperato per le lesioni del nucleo caudato. L'operazione riesce ancora più facile di quella dell'asportazione del talamo, in quanto che lavorando nella parte più centrale della trave del corpo calloso si va incontro a minore emorragia.

Col nostro metodo abbiamo operato trentadue cani di cui si è avuto cura di scegliere quelli di piccola taglia e più robusti. Di essi ne abbiamo utilizzati per il presente lavoro soltanto quattro, tutti gli altri essendo morti o durante l'operazione o dopo breve sopravvivenza.

Cane A. — Pesa kg. 6.

1 ottobre 1901. — L'operazione riesce molto sbrigativa, perchè l'emorragia è stata lievissima. L'animale, sùbito dopo operato, presenta strabismo convergente.

2 ottobre. — Il cane, molto abbattuto, non si muove dalla branda. Chiamato, solleva la testa, e nelle ore più tarde diventa irrequieto, salta fuori dalla branda e si mette a camminare per la stanza. Si nota così un'evidente insufficienza degli arti di sinistra specialmente del posteriore che il cane trascina.

4 ottobre. — La ferita è in via di guarigione. Il cane presenta sempre evidente la paresi del lato sinistro, il senso muscolare è abolito interamente a sinistra, tantochè il cane mantiene, senza dare segni d'intolleranza, le posizioni incongrue in cui si pongono gli arti (ginocchietti, piede di bue). Anche la sensibilità tattile e dolorifica a sinistra è molto deficiente, torpidi sono i riflessi cutanei, mentre il pupillare ed il faringeo sono normali. I sensi specifici non si mostrano alterati.

18 ottobre. — Persistono i fatti precedentemente notati, ma però si nota che vanno mano a mano attenuandosi.

3 novembre. — L'emiparesi sinistra è lievissima specie nell'arto anteriore, in quello posteriore è più evidente. Facendo trascinare dei pesi all'animale legati per mezzo di un cordino ora all'uno ora all'altro arto dell'animale, si nota che a sinistra c'è deficienza di forza muscolare. Continua l'ipoestesia e la perdita del senso muscolare più evidente nell'arto posteriore sinistro.

15 novembre. — Il cane è trovato morto senza causa apprezzabile. All'autopsia si trova una cicatrice fibrosa che copre la breccia ossea fatta; le miningi sono normali. Fatto un taglio trasversale in corrispondenza della testa del nucleo caudato, si trova che la lesione è ben riuscita, in quanto che sono asportati i due terzi della testa del nucleo caudato. Il cervello e il midollo spinale vengono posti in liquido di Müller.

Da questa esperienza risulta che l'animale poco sopravvissuto all'operazione, ha presentato deficienze di moto e di senso, le quali sono rimaste abbastanza evidenti per tutto il decorso della sopravvivenza.

Cane **B** del peso di kg. 7,500.

2 gennaio 1902. — Si opera di nucleo caudato con leggiera emorragia. Il carattere dell'animale il quale durante gli otto giorni che precessero l'operazione, si era mostrato mite, dopo l'operazione cambiò del tutto diventando collerico ed aggressivo.

3 gennaio. — L'animale ha lasciato la branda e gira per la stanza. Mostra evidente la debolezza della metà sinistra del corpo specialmente degli arti che trascina come se fossero molto pesanti. Fatti pochi passi, si ferma, ed in questa posizione di riposo, la debolezza aumenta in modo tale che l'animale certamente cadrebbe sul lato sinistro, se a tempo non facesse uno sforzo per rimettersi a camminare. Talora infatti non riesce ad impedire la caduta dal lato sinistro. Stimolato nella metà sinistra del corpo, non risponde, mentre abbaia furiosamente e si rivolge per mordere, quando si tocca anche leggermente nel lato destro.

15 gennaio. — Soltanto oggi è stato possibile un esame più minuto, il quale viene eseguito, mentre il cane mangia la sua razione. Si osserva che la paresi a sinistra si mostra evidente nella deambulazione, è evidentissima l'ipoesestia a sinistra e la perdita del senso muscolare, mentre gli altri riflessi sembrano normali. Le prove fatte per indagare se i sensi specifici sono deficienti, riescono negative.

15 febbraio. — All'ispezione non si notano disturbi dell'andatura che appare normale. Continua l'ipoestesia a sinistra come pure la diminuzione del senso muscolare.

20 marzo. — Persistono i disturbi già notati però in modo attenuato. Oggi non si riesce a fare le prove del senso muscolare perchè il cane è molto irrequieto.

12 aprile. — Il cane muore dopo un accesso convulsivo che è durato più di otto ore. All'autopsia si riscontra una lesione grande quanto una lenticchia, in corrispondenza della faccia interna del nucleo caudato di destra. Le meningi sono normali, così anche le altre parti del cervello.

Questa esperienza è notevole per il fatto che la sopravvivenza è stata più lunga di quella antecedente e per la persistenza dei sintomi di deficienza sia motori che sensitivi.

Cane C, del peso di kg. 10.

8 febbraio 1902. — Si opera di asportazione della testa del nucleo caudato. L'emorragia è stato abbondante.

9 febbraio. — Nel pomeriggio il cane abbandona il giaciglio, ed esegue giri di maneggio da sinistra verso destra, è evidente la debolezza della metà sinistra del corpo specialmente degli arti che l'animale trascina con sforzo. Si osservano ipoestesia e perdita del senso muscolare a sinistra, i riflessi, meno i cutanei che sono deboli, appaiono normali. Anche i sensi specifici mostrano di non essere alterati.

12 febbraio. — Dalla ferita fuoriesce una buona quantità di siero. Continua ma meno vivace il giro di maneggio; nell'eseguirlo l'animale si stanca presto e cade sul lato sinistro. Si nota sempre per quanto meno accentuata l'ipoestesia e la perdita del senso muscolare.

26 febbraio. — Il cammino non offre nulla di speciale. La sensibilità dolorifica è tornata a sinistra, dove però è più ottusa che a destra. Le posizioni incongrue sono mantenute senza reazione soltanto dall'arto anteriore sinistro.

17 marzo. — Il cane è stato trovato morto. Dalle cavità nasali fuoriescono piccole quantità di sangue nerastro. All'autopsia si trova un versamento sanguinolento sotto la dura madre e alla base del cranio. Fatta una sezione trasversale in corrispondenza del ventricolo laterale destro, si trova che la lesione è limitata dalla testa del nucleo caudato. In essa non si vedono coaguli, nè si trova sangue nella cavità ventricolare.

Da questa terza esperienza, un poco complicata dall'emorragia sopravvenuta, la quale però probabilmente aumentò nelle ultime ore della vita dell'animale, si rileva la eguaglianza dei sintomi motori e sensitivi riscontrati nelle due esperienze precedenti. Degno di rilievo è il fatto della breve sopravvivenza dell'animale all'operazione.

Cane D, del peso di kg. 6.

11 marzo 1902. — Si opera con lieve emorragia.

12 marzo. — Edema facciale. L'animale esegue movimenti di maneggio da sinistra verso destra. Dopo alcuni giri esso cade prima sull'arto posteriore e poi su quello anteriore di sinistra.

14 marzo. — Continua il movimento di maneggio, la testa è addotta fortemente verso l'arto posteriore destro, e tutto il corpo forma il semicerchio con convessità a sinistra. Si rileva ipoestesia e perdita di senso muscolare degli arti sinistri. I riflessi pupillare e faringeo, e i sensi specifici sono normali.

20 marzo. — La paresi degli arti di sinistra, l'ipoestesia e la perdita del senso muscolare sono sempre evidenti; continua, ma meno accentuato il giro di maneggio.

23 marzo. — Si ripete l'esame, dal quale si ottengono risultati eguali a quelli del precedente.

3 aprile. — Evidenti sebbene di molto attenuati i fatti rilevati nell'esame del 20 marzo.

13 aprile. — Il cane muore dopo un accesso convulsivo. All'autopsia, oltre alla limitata lesione nella testa del nucleo caudato destro, non si riscontra nulla di notevole.

Da questa ultima esperienza è messo ancor più in evidenza il fatto della breve sopravvivenza dell'animale all'operazione. Essa si differenzia moltissimo da quella osservata neì cani operati di talamo ottico, uno dei quali sopravvisse circa due anni. Per il nucleo caudato invece uno solo fra i quattro operati, restò in vita per tre mesi circa, gli altri invece morirono, forse sempre per il sopravvenire di accessi epilettici, infra un mese o poco più dall'operazione.

In tutti gli esperimenti di asportazione della zona motrice, dice Luciani, non mancano mai segni evidenti di lesione sensoria associati a lesioni motorie. Il senso tattile a volte si mostra paralizzato del tutto, anche il termico ed il dolorifico sono alterati e talora aboliti in un primo tempo, ma più costante e più evidente del disordine del senso cutaneo è l'abolizione del senso muscolare. Questa sintomatologia, che si è ripetuta con eguale uniformità e durata nei cani da noi operati di lesione del nucleo caudato, mette bene in evidenza la natura funzionale sensitivo-motoria di questo ganglio. A tale conclusione erano venuti senza volerlo anche alcuni degli osservatori, che pure gli hanno negato qualsiasi importanza. Sgobbo, che lo ha studiato più sistematicamente e con più diligenza, ha trovato nelle sue numerose esperienze, che la paralisi controlaterale che segue alla lesione del nucleo caudato si dissipa attenuandosi per gradi in un periodo di tempo non superiore ai trentacinque giorni. In un'altra serie di ricerche ha notato, che la lesione del nucleo caudato e della corrispondente zona motrice e di ambedue i corpi striati danno paralisi più duratura, che ripara anch'essa senza disturbi residuali di qualche entità. Da ciò deduce, che i fenomeni non sono dovuti a vera e propria *functio laesa* del ganglio basale, ma alla compressione delle parti vicine prodotte dal versamento sanguigno nei ventricoli, all'infiammazione locale ed al trauma. La conclusione è per lo meno affrettata, e contraddice a quanto di più concorde i fisiologi sostengono intorno all'evoluzione dei disordini funzionali in seguito a lesione della zona motrice.

È noto che le paralisi sono più durature nelle scimie che nei cani, nei quali riparano con sorprendente rapidità e come noi stessi abbiamo potuto constatare talora, in meno di un mese. Nè ciò deve meravigliare, perchè riconosciuto il differente

grado di evoluzione tra il cane e la scimia, si comprende come la deficienza sia maggiore in questa che non in quello, i cui centri funzionali meno individualizzati sono capaci di essere sostituiti dagli altri rimasti illesi e situati in differenti segmenti del cervello. Quando Sgobbo afferma, che nei cani e nei conigli da lui operati i disturbi sono stati solamente di moto, mostra evidentissimamente la preoccupazione aprioristica che tutto debba dipendere dalla compressione esercitata dal sangue stravasato sulla capsula interna. Infatti la situazione anatomica di questa rispetto a quella del ganglio leso, non comporta agevolmente una compressione sull'ultima porzione del segmento posteriore dove si ammette concordemente che passino le fibre sensitive. Nelle lesioni della zona motrice noi non possiamo scindere i disturbi di moto da quelli di senso per i rapporti anatomici e per la coordinazione, che legano le fibre sensitive ai centri psico-motori; ciò è stato in modo indubbio dimostrato dall'esperimento e dalla clinica. Noi possiamo per esperienza negare l'azione a distanza sulla capsula interna, perchè se è vero che in qualcuno dei nostri cani abbiamo estratto dopo qualche giorno dall'operazione pochi coaguli sanguigni dalla scissura enteremisferica, non abbiamo avuto mai occasione all'autopsia di riscontrarne traccie sia nel pavimento del terzo ventricolo quanto nei ventricoli laterali. Si può ammettere che la lieve emorragia può in primo tempo esagerare i fenomeni collaterali dovuti all'irritazione traumatica, ma escludiamo che i disturbi osservati fossero dovuti unicamente ad uno stimolo meccanico e da questo mantenuti.

Il nucleo caudato è dunque un ganglio sensitivo-motore.

Ma la sua azione è propria degli elementi nervosi che lo costituiscono, oppure dipende dalle connessioni che essi prendono con i centri della zona motrice?

Luciani e Tamburini lo considerano come centro autonomo capace di sostituire funzionalmente la zona motrice lesa od asportata, ciò non toglie che esso non partecipi a quel mirabile sistema d'ingranaggio che lega i centri cerebrali l'uno all'altro.

Le connessioni del corpo striato sono state oggetto di studi lunghi e diligenti, nè si può dire pronunciata l'ultima parola sulla loro resistenza ed importanza fisiologica. Meynert ha descritto una via di conduzione che attraverso la capsula interna stabilisce un legame tra il corpo striato e la corteccia. Marinesco col metodo delle degenerazioni vide che distruggendo nelle scimie il lobo frontale, si trovavano insieme ad altre lesioni secondarie, fibre degenerate del corpo striato. Similmente Bianchi e D'Abundo notarono che il nucleo caudato nei cani si atrofizza, quando si pratica una estesa lesione del campo motore corticale. Ma la dimostrazione più decisiva delle connessioni cortico-striate è pel Becterew, l'esistenza del fascio sottocalloso o del nucleo caudato di Sachs e Muratoff.

Il significato di questo fascio è controverso, perchè se alcuni come i precedenti autori ai quali si associano Edinger e Schwalbe l'accettano quale via di associazione cortico-striata, altri invece negandogli questo carattere lo considerano come un insieme di fibre associative intercaudali, che legano punti più o meno lontani di questo ganglio. Nè luce maggiore hanno fatto su questo argomento le numerose ricerche microscopiche sulla fine struttura del ganglio. Gl' Istologi sono concordi nell'ammettere che il nucleo caudato ed il putamen hanno una struttura assai simile a quella della corteccia. Distinguono in esso oltre ad una sostanza fondamentale finemente reticolata

le cellule nervose e le fibre, delle quali alcune sono di passaggio e le altre prendono origine nel corpo striato o lì terminano. Importante pel nostro argomento è il rilevare quale sia il comportamento di queste fibre. Esse sono state descritte raggruppate in fasci, di cui la maggior parte sono fibre di passaggio provenienti dai neuroni corticali (fibre cortico-talamiche, cortico-protuberanziali, cortico-midollare) le quali attraversano il corpo striato senza contrarre coi suoi elementi notevoli rapporti, ma solo abbandonando qualche fine collaterale, che si arborizza liberamente in vicinanza delle sue cellule. Le fibre nervose proprie sono rappresentate dai cilindrassi delle cellule, e seguendo tutte un cammino discendente, costituiscono le fibre striate di proiezione, le radiazioni di neuroni striati, destinate ad unire i due nuclei basali al talamo ottico, alla regione sotto-ottica e al corpo del Luys. Sono state descritte pure delle fibre terminali ascendenti (sensitive?), le cui cellule d'origine sono ignote e che vi arrivano per la capsula interna. I fascetti che formano le radiazioni del nucleo caudato sembra che prendano qualche rapporto coi diversi segmenti della capsula interna. Infatti esse sono state divise in tre gruppi a seconda che emanano dalla testa, dal tronco o dalla coda del nucleo caudato. Tutte hanno una disposizione a raggiera, i cui raggi convergono verso il nucleo lenticolare e da questo si dilatano al talamo e alla regione sottotalamica costituendo le radiazioni strio-talamiche e strio-sottotalamiche. Ora è notevole il fatto che mentre fibre emananti dalla testa del nucleo caudato attraversano la capsula interna e la sua branca anteriore, quelle emananti dal tronco e dalla coda passano pel segmento capsulare posteriore, e tutte incrociano sotto un angolo più o meno retto le fibre di proiezione corticali, che raggiungono la capsula interna.

La struttura fine del nucleo caudato, quale è data dagli istologi non ci dà la spiegazione anatomica degli effetti consecutivi alla lesione di detto ganglio. I quattro cani utilizzati per questo studio hanno presentato con una distruzione limitata della testa del nucleo caudato fenomeni quali gli studiosi delle localizzazioni cerebrali (Hitzig e Fritsch, Luciani e Tamburini, Luciani e Seppilli, Ferrier, Goltz, Munk ecc.) hanno rilevato e descritto nelle asportazioni più o meno vaste della zona motrice. Escluso che detti disturbi dipesero da compressione sulla capsula interna, perchè all'autopsia questa si trovò illesa, nè esistevano tracce di coaguli sanguigni, bisogna attribuire alla lesa funzione dei gangli la sintomologia notata. Nè vale l'obiezione che in tal caso noi avremmo avuto effetti sproporzionatamente maggiori del danno apportato ad una piccola parte del campo motorio, ammesso che sia tale il nucleo caudato; mentre le circonvoluzioni sigmoidee di quel lato e la capsula interna corrispondente erano illese. Luciani e Tamburini considerarono il corpo striato come una porzione di corteccia introflessa, capace di sostituire la zona motrice destra; ora, se questo ganglio può in date circostanze assumere funzione tanto importante e vasta, significa che tale azione conserva ancora, quantunque non in modo preponderante, nello stato normale dell'organismo; la sua azione si cumula, rinforzandosi con quella dei centri sigmoidei e degli altri centri sparsi per la corteccia. La sua lesione, oltre alla soppressione della funzionalità del nucleo caudato, verrebbe a produrre, secondo noi uno squilibrio su tutta la funzione della zona motrice, la quale se ne risentirebbe tanto, quanto nelle estese demolizioni; squilibrio che ripara con una lentezza

relativamente notevole, e proporzionata al tempo che occorre perchè i centri sigmoidei e gli altri riacquistino il tono bruscamente alterato per tornare a funzionare come normalmente. Questa conclusione collima con quella già da noi emessa per la funzione del talamo ottico.

X.

Sulla fisiologia del nucleo lenticolare [1].

Per completare lo studio della funzione dei nuclei grigi sottocorticali non ci resta che di riferire sulle esperienze da noi fatte sul nucleo lenticolare.

La letteratura di questo argomento si confonde con quella già da noi esposta del nucleo caudato. Di essa solo riferiremo di quei lavori che si occupano del nucleo lenticolare in special modo.

Johannsen [2] trovò che nell'eccitamento faradico del nucleo lenticolare si producevano prima scosse toniche, e poi scosse cloniche per lo più nel lato opposto, talvolta nel medesimo lato. Inoltre, poichè queste scosse avevano luogo anche ove la corteccia era stata distrutta in parte, così Johannsen concluse che gli attacchi dovevano essere indipendenti dalla partecipazione della corticalità, e che perciò il nucleo lenticolare possedeva un' indubbia importanza per la genesi dei medesimi. Importante è pure il fatto (specialmente per quanto riguarda la patologia dell' uomo) che Johannsen ottenne gli attacchi più completi stimolando il lenticolare presso a poco nel suo terzo medio ed interno, mentre si contraevano gruppi isolati di muscoli soltanto quando si eccitava il segmento posteriore del nucleo lenticolare. Ciò dimostrerebbe che esistono nel nucleo lenticolare zone dove le vie motrici decorrono dissociate e zone in cui sono raggruppate. Dunque in conclusione per Johannsen il nucleo lenticolare sarebbe un centro di moto indipendente dalla corteccia.

Il Nothnagel tentò di studiare isolatamente il nucleo caudato ed il nucleo lenticolare, per mezzo del ben noto metodo della iniezione di acido cromico e del metodo del trequarti munito di alette. Egli venne alla conclusione che le lesioni del nucleo lenticolare quando esse stanno sulla sua metà anteriore, producono disturbi paralitici delle estremità, ai quali si deve aggiungere una deviazione della colonna vertebrale che descrive una curva con la convessità verso il lato sano. Questi disturbi, dice Nothnagel, sono molto meno fugaci di quelli che si osservano dopo l'alterazione di un punto qualsiasi degli emisferi; giammai essi sono accompagnati da disturbi di sensibilità. Carville e Duret [3], ripetendo le esperienze col trequarti ad alette, notarono che dopo la distruzione del nucleo lenticolare seguiva emiplegia del lato controlaterale e che l'emiplegia era completa quando veniva lesa la capsula interna.

[1] Queste ricerche, pubblicate nell'Archivio di Farmacologia sperimentale e scienze affini, vol. III, fasc. IV-VI, furono eseguite in collaborazione con lo studente laureando A. Befani.

[2] Johannsen, *Experimental Beiträge zur Kenntnis d. Ursprungstätte d. epilept.* Dorpat, 1885.

[3] Carville e Duret, Archives de Physiologie, 1875.

Per ciò essi credono che Nothnagel con l'acido cromico, disorganizzando il nucleo lenticolare abbia leso la capsula e che per ciò abbia osservato l'emiplegia.

Le ricerche fatte sull' uomo malato e confermate al tavolo anatomico sono molto più numerose di quelle sperimentali ed hanno grande importanza per lo studio della funzione del nucleo lenticolare.

Il Meynert attribuì ai nuclei lenticolari una funzione motrice quasi eguale a quella della capsula interna, però la sua teoria non incontrò il favore dei neuropatologi.

Lo Charcot ([1]), ammise che, quando la lesione è circoscritta ai nuclei grigi (caudato e lenticolare), la paralisi di moto, che sempre segue è ordinariamente lieve, transitoria e benigna. Secondo Charcot dunque il nucleo lenticolare ha una funzione motrice, ma i dirturbi di moto consecutivi alla lesione di detto ganglio possono in buona parte risolversi e perfino talvolta scomparire.

Nothnagel ([2]) ritiene che se non è necessaria la lesione della capsula interna perchè la paralisi sia grave e permanente, pure si ha sempre paralisi quantunque lieve e soltanto in un primo tempo, anche quando il focolaio ha sede nei nuclei lenticolare e caudato. Egli nega valore alle osservazioni che tendono a dimostrare che lesioni circoscritte al nucleo lenticolare o al nucleo caudato siano passate senza dar luogo a paralisi, perchè o trattavasi di tumori che crescendo lentamente spesse volte non dànno sintomi gravi (caso di Fürstner), ovvero di casi in cui non si poteva escludere nell'anamnesi l'esistenza temporanea di una paresi o di una paralisi. Il fatto della paralisi transitoria, dice Nothnagel, non si spiega che ammettendo che al principio della malattia si sia verificata un'azione a distanza della lesione, azione che poi è scomparsa, perchè trattavasi spesso di rammollimenti, i quali di solito neanche a principio dànno sintomi a distanza, e perchè fu trovata sempre intatta la capsula interna. Senza risolvere la questione, egli accenna all' ipotesi che i nuclei grigi possano essere sostituiti funzionalmente o dall'omonimo sano dell'altro lato, oppure il lenticolare di un lato può essere sostituito dal caudato dello stesso lato e viceversa. Il Tonnini ([3]) ha raccolto molti casi di lesione del nucleo lenticolare, e viene, dopo averli esaminati, alle seguenti conclusioni. Per i disturbi della motilità esclude la partecipazione dell'accessorio, del vago, dell'adduttore, dell'oculomotore, della branca motrice del 5° paio e del facciale. La paralisi delle estremità e del tronco, quando la lesione non decorre latente (caso di Bonfigli, Rondot ecc.) è uno dei fenomeni banali dei focolai del lenticolare: essa è sempre transitoria ed è accompagnata da disturbi sensitivi e vasomotori.

I disturbi sensitivi e i disturbi vasomotori (aumento di temperatura nella parte paralizzata) sono ritenuti dal Tonnini come fenomeno di vicinanza, di distanza e di arresto, poichè, egli dice, la fisiologia non concede alcuna funzione sensitiva al nucleo lenticolare, e la patologia delle piccole lesioni centrali del nucleo lenticolare non ci rivela alcun esempio dei disturbi della sensibilità, mentre d'altra parte bisogna

([1]) Charcot, *Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau*. Paris, 1876.

([2]) Nothnagel, *Topische diagnostick Gehirnkrankeit*. Berlin, 1877.

([3]) Tonnini, *I nuclei del corpo striato*, La Psichiatria, 1883.

rammentare la vicinanza in cui si trova il nucleo lenticolare con i fasci sensitivi contenuti nel segmento posteriore della capsula interna. L'autore non crede alla funzione compensatrice, perchè in un caso nel quale si avevano due focolai, la paralisi esisteva soltanto in un lato. Mette poi in evidenza tutti gli altri casi in cui non si ebbero sintomi, e conclude negando una significazione motrice tanto al caudato quanto al lenticolare.

Nei pregiati trattati sulle malattie del sistema nervoso, Gowers e Oppenhein dicono che i disturbi di moto che si osservano nelle lesioni del lenticolare sono dovuti alla compartecipazione e alla compressione indiretta della capsula interna.

Monakow ([1]) fa distinzione tra i sintomi dovuti ad emorragie e quelli dovuti a rammollimenti del nucleo lenticolare. A proposito dei secondi, dice che per lo più decorrono latenti, e si sottraggono alla diagnosi; in riguardo ai primi ricorda che la sintomatologia della emorragia del putamen consiste in una tipica emiplegia, la quale però coll'andare del tempo risolve quasi completamente, lasciando tutto al più un'emiparesi che però anche egli attribuisce alla compressione indiretta esercitata sulla capsula interna. Nega pertanto al nucleo lenticolare una vera e speciale patologia, ed a questa opinione si associa anche Brissaud ([2]).

A Mingazzini ([3]) spetta il merito di avere nella sua completa monografia « sulla sintomatologia delle lesioni del nucleo lenticolare » trattato esaurientemente la questione riguardante la patologia del nucleo in parola.

Egli, infatti, comincia con l'esporre le storie cliniche dei casi di lesioni pure del nucleo lenticolato (nove osservazioni), e formula quindi, in base ai reperti microscopici paragonati con la sintomatologia delle rispettive osservazioni il corollario che « un focolaio anche di piccolo volume che colpisca il solo nucleo lenticolare, non manca mai di annunciarsi con disturbi di moto ». Essi per lo più si risolvono in sintomi di deficienza, cioè in paralisi dissociate o in paralisi totali, complicati talvolta da sintomi irritativi. Rarissima è la paralisi isolata del facciale di origine lenticolare (caso terzo di Rossi), così pure rarissime sono le paralisi facio-linguali, sia unilaterali che bilaterali. Quasi mai si osserva la paresi limitata al facciale inferiore ed all'arto inferiore (paresi facio-crurale). La sindrome più frequente consecutiva a focolai distruttivi del lenticolare consiste in una paresi di moto a carico di tutta una metà del corpo. Talvolta i disturbi paralitici passano inosservati agli infermi, ed è soltanto dopo un minuto esame obbiettivo che si scopre la non dubbia emiparesi. Talvolta si ha un *ictus* con perdita di coscienza, che il malato ben presto riacquista. La paralisi si inizia allora repentinamente e di non rado l'emiparesi è preceduta da accessi febbrili. Ad ogni modo i sintomi paralitici se lievi fin da principio, si conservano in seguito tali o si mitigano ancora; se invece sono gravi ben presto risolvono in parte persistendo però sempre la paresi leggiera, ma sempre apprezzabile con un esame obbiettivo diligente.

Il Mingazzini esclude che i disturbi emiparetici possano attribuirsi alla compressione esercitata sulle vie piramidali, perchè egli dice: « la maggior parte dei

([1]) Monakow, *Gehirnpathologie. Nothnagel's Special Pathologie und Therapie,* IX Bd., I Theil.
([2]) Brissaud, *Leçons sur les maladies nerveuses.* Paris, 1895.
([3]) Mingazzini, Rivista sperimentale di Freniatria, vol. XXIII e XXVIII.

miei casi, la sindrome dei quali si svolgeva in forma di emiparesi, si riferiscono quasi sempre a lesioni del putamen, situate molto prossimamente cioè in corrispondenza del segmento anteriore della capsula interna, e quindi molto lontano dalle vie piramidali. In quasi tutti i casi si trattava di malacie e non di cisti emorragiche, le quali ultime a causa della loro tensione, si può supporre che esercitino una compressione permanente nei tessuti circostanti, I miei malati infine hanno presentato invariati i loro disordini motori per molti anni e fino alla morte; perciò è assurdo supporre che si sia trattato di paresi transitoria dovuta ad edema o a compressione indiretta della capsula interna ». Il Mingazzini quindi ammette, per spiegare la paresi che il nucleo lenticolare dia origine a fibre motrici le quali si associano alle vie piramidali decorrenti nella capsula interna, e si portino insieme a queste agli arti dell'opposto lato.

L'Autore passa quindi a parlare dei disturbi disartrici che si osservano in lesioni del nucleo lenticolare sinistro, quando esse sono situate in certi dati punti (membro esterno del *globus pallidus*, putamen di sinistra). I riflessi cutanei si comportano in modo variabile, i rotulei sono quasi sempre esagerati nel lato opposto alla lesione del lenticolare, a volte sono più esagerati nel lato della lesione. I riflessi tendinei superiori o mancano, o sono esagerati nel lato opposto alla lesione e anche nel medesimo lato di essa.

Riguardo ai disturbi di senso, l'Autore conferma l'osservazione già notata in un precedente lavoro, e cioè che si trova, quantunque non costantemente, una diminuzione della sensibilità dolorifica e talvolta anche di quella tattile e termica sempre nella metà opposta a quella in cui ha avuto luogo la lesione del nucleo lenticolare. Il modo vario di comportarsi della sensibilità fu messo dall'Autore in rapporto con la diversa localizzazione del processo morboso, ed egli ne dedusse che le fibre deputate alle impressioni dolorifiche passano pel segmento posteriore del putamen. Anche secondo le osservazioni cliniche di Kirchhoff vi sarebbero nel cervello fibre destinate unicamente alle sensazioni dolorifiche, le quali entrando nella *regio subtalamica* sembra che si ramifichino alla regione del nucleo laterale del talamo, per recarsi attraverso l'*ansa nuclei lentiformis*, al nucleus caudatus e al putamen e alla corteccia. Così pure Tschemark, nei gatti ha dimostrato che il nucleo lenticolare contiene una quantità considerevole di fibre sensitive. Di queste fibre lenticolari posteriori alcune arrivano nel *globus pallidus* dell'altro lato, altre si portano nel *globus pallidus* del medesimo lato; ambedue questi ordini di fibre però non si fermerebbero nel nucleo lenticolare, ma entrerebbero nella capsula interna e nel talamo per terminare alla corteccia. Il Mingazzini tratta anche della quistione delle fibre proprie che, secondo Kirchhoff si originano dai gangli della base e dai centri motori degli emisferi cerebrali, ed egli crede che in alcune zone del putamen decorrano fibre trofiche. Le conclusioni a cui il Mingazzini arriva nel suo lavoro sono le seguenti:

1. I piccoli focolai distruttivi del nucleo lenticolare, quelli cioè che non oltrepassano un grano di miglio possono rimanere silenziosi. Una distruzione del nucleo lenticolare anche circoscritto, in qualunque punto sia situata, spesso dà luogo ad emiparesi controlaterale per lo più flaccida, se il focolaio è situato a sinistra, produce anche disturbi disartrici.

2. I focolai situati a livello della parte media o posteriore del nucleo lenticolare (cioè a livello del ginocchio e della porzione posteriore della capsula interna) possono produrre paresi facciale, facio-brachiale o facio-crurale, associate talvolta a sintomi irritativi.

3. I riflessi plantari o iridei, come pure gli sfinteri del retto e della vescica si comportano nel modo più variabile, invece i riflessi tendinei superiori e rotulei sono spesso più vivaci nel lato opposto alla lesione del lenticolare, nel quale lato anche le impressioni tattili e specialmente le dolorifiche, sono talvolta meno avvertite che nel lato sano.

4. Il nucleo lenticolare probabilmente non contiene fibre destinate al facciale superiore, in esso decorrono certamente fibre trofiche destinate agli arti.

Da quanto finora si è esposto, appare chiaro che le opinioni intorno alla fisiologia del nucleo lenticolare sono lungi dall'essere uniformi, come pure differenti appaiono i metodi adoperati dai vari AA. per mettere allo scoperto o asportare il nucleo lenticolare e il corpo striato nella sua totalità.

Non staremo qui a riportare questi metodi, diremo che soltanto per la lesione del nucleo lenticolare, il cui studio era necessario per completare la fisiologia dei gangli sottocorticali, non abbiamo adoperato il solito nostro metodo operativo, ma abbiamo preferito di aggredire il nucleo lenticolare dalla parte esterna dell'emisfero cerebrale asportandone una porzione. Però allo scopo di poter discriminare gli effetti prodotti dalla lesione corticale, da quelli dovuti alla asportazione (totale o parziale) del nucleo lenticolare, abbiamo creduto opportuno in alcuni casi di asportare soltanto quella zona di corteccia soprastante al nucleo senza lederlo. In tal modo, togliendo dai sintomi presentati dai cani operati di corteccia e di nucleo, quelli osservati nei cani operati di sola corteccia, abbiamo potuto stabilire quali sono i disturbi che si osservano per l'asportazione del nucleo lenticolare. In due cani abbiamo anche fatto l'eccitazione elettrica della zona di corteccia, che poi abbiamo asportato, e del nucleo lenticolare.

Complessivamente abbiamo operato sette cani, tre di sola corteccia e quattro di nucleo e di corteccia; e abbiamo procurato che questi animali fossero giovani e robusti. Di essi uno solo, operato di corteccia, morì il giorno stesso dell'operazione, gli altri hanno sopravvissuto per un tempo più o meno lungo, sempre superiore ai quaranta giorni.

Il metodo da noi seguìto era il seguente:

Dopo aver fissato l'animale sull'apparecchio di contenzione, dopo aver raso il pelo sulla parte destra del cranio e dopo aver disinfettato, si fa un'incisione cutanea longitudinale presso a poco nel punto di mezzo dalla linea mediana e l'orecchio destro. Si taglia poscia l'aponevrosi del muscolo temporale e si stacca l'inserzione di questo sulla linea mediana, insieme col periostio. Con una corona di trapano lateralmente alla sutura sagittale si fa una breccia che si allarga verso l'estremo con una pinza osteotoma. Si scopre così la dura madre che con un uncino tagliente si divide per un tratto di 3 cc. circa. Si cade così in corrispondenza del lobo parietale e del temporale, e con un cucchiaino tagliente si asporta nei primi tre cani una buona

porzione di detti lobi, negli ultimi quattro oltre alla corteccia anche il nucleo lenticolare, parte o tutto. Quindi si frena l'emorragia, si fa la sutura a tre piani e si fascia la ferita. Diamo ora brevemente i diari dei cani operati.

Cane A, del peso di kg. 6.

10 marzo 1903. — L'operazione si esegue senza complicazioni e con scarsa emorragia. Si asporta il *gyrus suprasilvius anterior* o *coronalis*, e l'*ectosilvius* (le due circonvoluzioni che stanno presso la *fissura suprasilvii anterior*) ed anche una porzione del *gyrus ectolateralis medius*.

L'animale viene posto in branda ancora addormentato. Poco tempo dopo l'operazione, mostra una contrazione spasmodica del facciale di sinistra, e devia la lingua verso il lato operato.

11 marzo. — Si trova il cane morto, evidentemente per shok: si fa l'autopsia, e si verifica che non c'è stata emorragia post-operatoria.

Cane B, del peso di kg. 5,500.

14 marzo. — Si opera con discreta emorragia della diploe che però si riesce ben presto a frenare. Si pone il cane, al quale è stata fatta un'asportazione cuneiforme più profonda della sostanza cerebrale delle medesime circonvoluzioni del cane precedente, perchè si è tolta una parte maggiore di sostanza bianca, nella branda ancora addormentato. Non si osserva nessun fenomeno subito dopo l'atto operativo, soltanto si nota che la respirazione è rara e molto profonda.

15 marzo. — Si trova il cane fuori dalla branda. Presenta una speciale andatura, facendo dei movimenti incoordinati con l'arto anteriore destro, specialmente quando comincia a camminare. Gli arti destri appaiono leggermente contratti, il cane però si stanca facilmente e cade ora dal lato operato, ora dall'altro lato.

16 marzo. — L'animale si avvia bene alla guarigione. Si rinnova la fasciatura, dopo averlo medicato,

17 marzo. — Il cane mangia la carne e mostra di star bene. Ad un primo esame il senso tattile e dolorifico appaiono lievemente alterati.

21 marzo. — Si toglie la fasciatura, perchè la ferita è completamente chiusa.

23 marzo. — Si procede ad un esame accurato. La motilità sembra normale, solo si nota una certa lentezza nei movimenti. Gli arti di destra, tenuto l'animale sospeso per la cute del dorso, appaiono, ma in modo leggerissimo, più rilasciati degli arti di sinistra. Si nota poi una leggera ipoestesia ed ipoalgesia nei due arti di sinistra e nell'arto posteriore di destra. Il senso muscolare non è alterato. Tra i sensi specifici l'udito, il gusto e l'odorato sono normali, in riguardo alla vista sembra che l'animale non veda molto bene con l'occhio sinistro.

24 marzo. — Si ripete con i medesimi risultati l'esame fatto il giorno precedente.

28 marzo. — I leggeri disturbi osservati nei giorni passati sono scomparsi. Il cane cammina bene; risponde agli stimoli tattili e dolorifici. e non mostra più disturbi visivi dell'occhio sinistro.

29 marzo. — Tutte le prove riescono negative.

14 maggio. — Il cane si trova morto. All'autopsia si nota un ispessimento della dura madre in corrispondenza al punto leso. Esiste una cicatrizzazione completa con indurimento osseo.

Da questa esperienza si deduce che l'asportazione dei giri che stanno presso la fissura soprasilvica anteriore, dà disturbi leggeri e transitori di moto e di senso generale e specifico (vista).

Cane C, del peso di kg. 7,500.

18 marzo 1903. — Si esegue la medesima operazione della precedente, asportando però una maggiore quantità di sostanza cerebrale. Oltre cioè ad avere asportato le circonvoluzioni già menzionate e una più grande porzione di sostanza bianca sottostante, si toglie anche la parte più alta dei due *Gyri sylviacus anterior* ed *ectolateralis medius*. Si ha scarsa emorragia, ma l'apertura della scatola cranica riesce alquanto laboriosa per la durezza dell'osso, essendo il cane molto adulto. Il cane viene posto nella branda ancora addormentato, si nota uno spasmo del facciale di sinistra.

19 marzo. — Il cane si trova fuori della branda e appena viene aperta la porta del canile si trascina venendo incontro; ha un'andatura paretica del treno posteriore, si stanca presto e cade sulle zampe posteriori. Sembra che abbia fame, perchè va annusando qua e là come se cercasse il cibo. Prende il latte.

20 marzo. — Il cane sta un po' abbattuto, mostratogli un pezzo di carne sembra che non lo veda, se non quando gli si porta vicino al naso, allora lo sente e l'afferra subito.

21 marzo. — Le condizioni dell'animale sono ancora invariate. L'animale cammina poco, tenendo gli arti posteriori divaricati.

23 marzo. — Si fa un esame più accurato. In riguardo alla motilità si osserva che l'animale tiene divaricati gli arti posteriori, anche quando si tiene sospeso per la pelle del dorso. Non offre nessuna resistenza ai movimenti passivi. La sensibilità tattile e dolorifica, e il senso muscolare sono normali, inquantochè gli arti rispondono bene agli stimoli sia a destra che a sinistra. Tra i sensi specifici, normali sono il gusto e l'odorato, alterati invece l'udito e la vista, a sinistra. Infatti, chiudendo all'animale l'occhio destro e avvicinando un fiammifero acceso al sinistro, l'iride reagisce, ma il cane non dà segno di avvertire lo stimolo luminoso, se si avvicina il fiammifero acceso all'occhio destro. Così pure per l'udito, se si battono le mani vicino all'orecchio sinistro, il cane non avverte nulla, mentre se si battono vicino al destro, l'animale scuote la testa e muove le orecchie. Si ha quindi l'abolizione o per lo meno la diminuzione tanto della vista, quanto dell'udito dal lato sinistro.

24 marzo. — Si toglie la fasciatura. Poichè l'animale mostra di aver fame, si prova, come il giorno precedente, se segue coll'occhio sinistro i movimenti impressi ad un pezzo di carne. Il risultato è negativo, poichè il cane non si accorge, anche quando il pezzo di carne si avvicina di molto all'occhio sinistro, della sua presenza; mentre se gli si mette vicino al naso, o davanti all'occhio destro, subito volta la testa e afferra il desiderato cibo.

28 marzo. — I fenomeni di deficienza tanto uditivi quanto visivi, sebbene non del tutto scomparsi, sono diminuiti. L'animale non sempre ammicca coll'occhio sinistro.

31 marzo. — Il cane riconosce bene le persone che lo custodiscono, ma non vede completamente bene coll'occhio sinistro.

10 aprile. — La motilità e la sensibilità sono normali. I disturbi visivi dell'occhio sinistro sono ancora più ridotti.

24 aprile. — In questi ultimi giorni, le prove più volte ripetute riescono negative.

26 aprile. — Il cane, a quanto racconta l'inserviente, è stato preso da scosse convulsive generalizzate, ed ha emesso del sangue, non si sa bene se dal naso o dalla bocca, probabilmente però dalla bocca.

27 aprile. — L'animale mangia poco e sembra cambiato di umore: non risponde alle chiamate e pare sospetti di tutti, se qualcuno si avvicina, ringhia.

3 maggio. — Condizioni invariate. Il cane sta fermo nel suo cantuccio e non si muove nemmeno se gli si butta vicino un pezzo di carne. Ha emesso di nuovo sangue dalla bocca.

8 maggio. — Le condizioni generali dell'animale sono peggiorate, egli non mangia che poco o niente.

9 maggio. — Il cane è morto ieri nel pomeriggio. Si procede alla estrazione del cervello e del midollo spinale. La ferita esterna delle parti molli è cicatrizzata completamente. Soltanto uno dei punti dell'aponevrosi ha dato luogo ad un piccolissimo focolaio di suppurazione, che si è incapsulato. Nella regione dove fu fatta la breccia, si sente un tessuto duro, fibroso, qua e là anche di consistenza cartilaginea. Si impiega moltissimo tempo per asportare la teca ossea che è durissima. La dura madre è aderente all'osso nel punto dove si fece l'asportazione della corteccia, e non può venire distaccata facilmente. Nel resto non si notano nè aderenze, nè emorragie. La pressione endocranica sembra un po' aumentata.

In questa esperienza, oltre ai fenomeni riscontrati nel precedente cane operato, furono riscontrati disturbi uditivi e disturbi più intensi della visione. È da notarsi anche l'ultimo periodo, nel quale il cane pare che abbia sofferto di convulsioni e di emorragie che lo condussero alla morte in due settimane circa.

Cane D, del peso di kg. 5.

26 marzo 1903. — Oltre la corteccia come nel cane precedente, in questo animale si asporta anche il nucleo lenticolare, se non tutto, certamente la massima parte.

L'operazione riesce senza alcun incidente operatorio e con poca emorragia. L'animale dopo mezz'ora circa dall'atto operativo è preso da convulsioni tonico-cloniche, più forte a sinistra che a destra che durano abbastanza lungamente.

27 marzo. — Le scosse convulsive non si sono ripetute. Il cane è molto abbattuto e si rimanda ad altro giorno l'esame. Prende il latte.

28 marzo. — L'animale sta un pochino più sollevato; chiamato, volge la testa. Esso sta nella branda poggiato sul lato sinistro del corpo e con la testa rotata verso destra. Mostra di sentire il rumore dall'orecchio destro.

Sollevato l'animale per la pelle del dorso, si vede che l'arto posteriore sinistro è meno flesso del destro, e parimenti l'arto anteriore sinistro è meno flesso del destro.

Si nota una certa resistenza ai movimenti passivi, maggiore a sinistra. Il senso muscolare non pare integro, perchè dando una posizione anormale agli arti, l'animale non si cura di rimetterli nella buona posizione; però non si può decidere se ciò dipenda dalla difficoltà con cui l'animale può compiere i movimenti o da lesione del senso muscolare. Cercando di far camminare l'animale col porlo in terra, esso non riesce nemmeno a reggersi dritto, e cade sull'arto posteriore di sinistra che è completamente paralitico. Però, se si sorregge il treno posteriore, l'animale specialmente coll'arto anteriore destro, cerca di fare dei movimenti per camminare, e fino ad un certo punto ci riesce, perchè si sposta di pochi centimetri. Se si abbandona il treno posteriore, cade sull'arto posteriore di sinistra. Perciò riguardo alla motilità vi è paralisi nell'arto posteriore di sinistra, paresi abbastanza forte dell'arto anteriore dello stesso lato e paresi più leggera nell'arto posteriore destro.

La sensibilità non è normale, si nota infatti diminuzione forte a sinistra (più nell'arto posteriore che nell'anteriore) sia del senso tattile, sia in grado maggiore del senso dolorifico. Del senso muscolare abbiamo già parlato. Dei sensi specifici, normali sono il gusto e l'odorato, si ha invece sordità e cecità a sinistra.

29 marzo. — Le condizioni generali sono simili a quelle del giorno precedente. I fenomeni motori sono leggermente diminuiti, ma il cane non riesce ancora a tenersi in piedi, nè a camminare.

30 marzo. — L'animale sta molto meglio, è più vispo e mangia di buon appetito. Persiste la resistenza ai movimenti passivi, specialmente nell'arto posteriore di sinistra, ma tolto il cane dalla branda, esso si regge abbastanza bene in piedi, e riesce anche a fare qualche passo, trascinando, più che muovendo, l'arto posteriore di sinistra. Persistono la cecità e la sordità a sinistra, come pure l'ipoalgesia e l'ipoestesia nell'arto posteriore di sinistra.

1 aprile. — Condizioni invariate.

2 aprile. — Si rinnova la fasciatura.

5 aprile. — È ancora apprezzabile la resistenza ai movimenti passivi a sinistra, sempre maggiore nell'arto posteriore, ma meno evidente che nei giorni precedenti. Rimane la cecità e la sordità a sinistra. Se si chiama tanto a destra quanto a sinistra, l'animale volge la testa sempre a destra, e se si muove, gira sempre a destra e mai dall'opposto lato.

8 aprile. — Si rinnova per la seconda volta la fasciatura, uno dei punti della pelle ha dato luogo ad un po' di suppurazione molto superficiale.

11 aprile. — La ferita va lentamente cicatrizzando, grazie alle accurate disinfezioni. I fenomeni su riferiti sono tutti meno evidenti.

14 aprile. — Si rinnova la medicatura, la ferita granula bene.

18 aprile. — Cicatrizzazione avvenuta. L'animale da qualche giorno cammina abbastanza bene, soltanto qualche volta urta negli oggetti per la cecità dell'occhio sinistro, del resto è capace di sorreggersi sugli arti posteriori. Si nota ancora l'ipoalgesia nell'arto posteriore di sinistra che è ancora un po' paretico. La sordità a sinistra è sempre evidente.

20 aprile. — Condizioni invariate.

10 maggio. — I disturbi della visione e dell'udito sono molto diminuiti. L'ani-

male segue i movimenti di un pezzo di carne che gli viene mostrato, chiude l'occhio se gli si avvicina un fiammifero acceso, ecc.

I disturbi motori sono anch'essi un po' diminuiti, ma ancora riesce evidente il fatto che gli arti di sinistra specialmente il posteriore non si muovono come quelli di destra. Nell'arto posteriore sinistro è apprezzabile ancora l'ipoalgesia: infatti se si punge l'animale, reagisce meno che coll'arto posteriore dell'altro lato.

25 maggio. — Condizioni invariate.

29 giugno. — L'animale vede e sente bene da ambedue i lati. Ad un esame superficiale sembra che cammini come un cane sano e realmente non ha un'andatura speciale. Però, se gli si dà una spinta a destra, traballa e pericola di cadere, se a sinistra ciò non succede. È dubbia l'ipoalgesia a sinistra.

Cane **E**, del peso di kg 5.

4 aprile 1903. — Si opera come nel cane precedente. Dopo l'operazione l'animale presenta scosse convulsive diffuse in tutto il corpo, ma specialmente nel treno posteriore.

5 aprile. — Si trova il cane uscito dalla branda. Cammina adagio adagio per la stanza, trascinando gli arti posteriori. Appena viene avvicinato, si mostra indispettito e non permette un esame.

6 aprile. — Anche oggi l'animale è di cattivo umore. Sembra che coll'occhio sinistro ci veda poco o niente, e che non senta coll'orecchio dello stesso lato. I movimenti si compiono abbastanza bene, quantunque con molta lentezza. L'andatura è un po' paretica, striscia gli arti di sinistra sollevandoli pochissimo. Ai movimenti passivi c'è una leggera resistenza più a sinistra che a destra. Se si dà una spinta all'animale, cade sempre a sinistra. È molto evidente l'ipoalgesia tanto nell'arto anteriore quanto nel posteriore di sinistra. Il senso muscolare non è alterato. Il gusto e l'odorato sono normali.

8 aprile. — Si rinnova la fasciatura, la ferita si trova in ottime condizioni.

12 aprile. — Si toglie la fasciatura, essendo la ferita completamente cicatrizzata.

14 aprile. — Condizioni invariate. L'animale è sempre sospettoso, sono evidenti la lieve paresi e l'ipoestesia a sinistra.

17 aprile. — La cecità dell'occhio sinistro è diminuita come pure sono diminuiti i disturbi uditivi dell'orecchio del medesimo lato, ma sono sempre ben dimostrabili. Il cane non ringhia più e comincia a mostrarsi affettuoso e ubbidiente.

24 aprile. — Condizioni invariate.

10 maggio. — L'animale cammina abbastanza bene. Qualche volta fa come nei primi giorni, movimenti di maneggio, rivolgendosi sempre dal lato operato, del resto non si nota nulla di anormale nell'andatura. La sensibilità dolorifica è sempre diminuita a sinistra. L'animale vede poco, e sente poco a sinistra.

20 maggio. — Condizioni invariate. L'animale è un po' dimagrato e sta quasi sempre accovacciato in un cantone.

10 giugno. — Condizioni invariate.

29 giugno. — L'esame fatto quest'oggi ha dato risultati uguali a quelli del 10 maggio.

Cane **F**, del peso di kg. 5,500.

28 aprile 1903. — In quest'animale si fa prima dell'asportazione, l'eccitazione elettrica della zona di corteccia soprastante al nucleo lenticolare e del nucleo stesso. Messa a nudo la corteccia cerebrale nel modo solito e nel punto solito, si eccita nella parte anteriore e nella mediana posteriore con correnti anche forti, e non si ha nessuna reazione. Lo stesso risultato si ottiene togliendo la corteccia e togliendo poi altra sostanza cerebrale finchè si arriva al nucleo lenticolare. L'animale durante tutto l'atto operatorio, ha tenuto l'occhio destro deviato in dentro e in basso. Si colloca il cane nella branda.

29 aprile. — Il cane mangia con molto appetito. Si muove abbastanza bene, però tende a cadere a sinistra sul lato posteriore.

30 aprile. — L'animale non solo cammina, ma riesce anche a correre, però presto si stanca e tende a cadere sull'arto posteriore sinistro. I movimenti passivi oppongono una resistenza molto lieve negli arti di sinistra, nessuna resistenza in quelli di destra. Ipoalgesia in tutta la metà sinistra del corpo, anestesia nell'arto posteriore di detto lato con completa analgesia (si può infiggere uno spillo e fare uscire del sangue, senza che il cane cerchi di scappare o di reagire). Il senso muscolare è normale.

Tra i sensi specifici normali sono l'odorato e il gusto, L'occhio sinistro non segue affatto i movimenti che si dànno ad un pezzo di carne. L'udito è diminuito a sinistra. Se si fischia o se si chiama, l'animale cerca di raccogliere le onde sonore coll'orecchio destro, e per venire accosto dove è stato chiamato, gira a destra e mai a sinistra. Tiene la testa normalmente un po' rotata a destra.

1 maggio. — Si rinnova la fasciatura.

3 maggio. — Il cane si è tolta la fasciatura, e la ferita si è infettata. Alcuni punti si sono staccati. Si fa una nuova medicatura e una nuova fasciatura.

4-6 maggio. — Si medica la ferita che si mostra un po' torpida.

10 maggio. — La ferita comincia a granulare bene. I fenomeni osservati sono tutti diminuiti.

20 maggio. — La ferita cutanea non è ancora completamente cicatrizzata; il cane è molto denutrito. Quasi tutti i sintomi di deficienza sono scomparsi, sempre evidente è però l'analgesia sinistra.

29 maggio. — Il cane si trova morto. All'autopsia si trova che la lesione comprende quasi tutto il nucleo lenticolare. Il cervello ed il midollo spinale si mettono nel liquido di Müller.

Da questa esperienza risulta in modo speciale la prevalenza dei disturbi sensitivi su quelli motori. Notevole è ancora il risultato ottenuto in modo negativo con l'eccitazione elettrica della corteccia asportata e del nucleo lenticolare. Disgraziatamente però il cane sopravvisse poco tempo all'operazione, forse a causa dell'infezione della ferita.

Cane **G**, del peso di kg. 4,800.

21 maggio 1903. — Si ripete l'eccitazione della corteccia cerebrale come nel caso precedente con esito negativo. Eccitando il nucleo lenticolare soltanto una sola

volta e in modo molto fugace, si osserva una leggera scossa convulsiva in tutto il corpo, un po' più a sinistra. L'operazione procede senza alcun incidente.

22 maggio. — L'animale non si è mosso dalla branda, ieri ha preso un po' di latte, oggi mangia con molto appetito pezzetti di carne nella somministrazione dei quali possiamo fare osservazioni sulla vista e sull'odorato. L'animale si regge poco sulle zampe, in quanto che cade facilmente sul lato sinistro. I movimenti passivi oppongono uguale resistenza tanto a destra quanto a sinistra. È evidente l'ipoalgesia a sinistra. Il gusto e l'odorato sono normali. V'è cecità nell'occhio sinistro e sordità non completa dell'orecchio sinistro.

23 maggio. — I fenomeni paretici si sono attenuati.

27 maggio. — Si toglie la fasciatura. La ferita cicatrizza bene, soltanto un punto ha dato luogo a suppurazione superficiale. Si medica con jodoformio. L'animale cammina abbastanza bene, però se gli si dà una spinta, cade sul lato sinistro.

6 giugno. — Condizioni invariate. La ferita è completamente guarita. Il cane sta bene, mangia, è vispo e se lo si chiama, corre. C'è ancora diminuzione della vista e dell'udito. La sensibilità è normale.

29 giugno. — L'esame fatto oggi dà presso a poco i medesimi risultati di quello fatto il 6 corrente. L'animale vede e sente bene.

Riassumiamo ora i risultati delle nostre esperienze.

Nei cani operati di sola corteccia (lobi parietale e temporale) abbiamo ottenuto disturbi della visione e dell'udito, apprezzabili specialmente nel lato opposto della lesione, i quali erano molto evidenti nei primi giorni dopo l'operazione (gli animali parevano ciechi e sordi) e poi mano, mano, diminuirono fino a scomparire dopo 10-20 giorni dal trauma o anche prima. Questi nostri risultati sono completamente di accordo con quanto Luciani e Seppilli hanno già detto. Infatti essi così si esprimono: « Dopo la decorticazione del lobo temporale sinistro si ha ottusità bilaterale dell'udito, prevalente nell'orecchio destro, inoltre emianopsia bilaterale sinistra. I fenomeni vanno presto dileguandosi... Estendendo l'estirpazione nel lobo parietale o frontale, l'animale si mostra dapprima assolutamente sordo e cieco, nei giorni successivi i disordini vanno dileguandosi ».

Noi inoltre nei cani operati di corteccia abbiamo osservato lievi disturbi della motilità e della sensibilità (paresi ed ipoestesia tattile e dolorifica nel lato opposto alla lesione), disturbi che scomparvero dopo 4-5 giorni dall'operazione. Anche ciò è in armonia con quanto hanno detto Luciani e Seppilli. Essi infatti così si esprimono: « Quando si confrontino tra loro le figure rappresentanti schematicamente la sfera visiva, uditiva, olfattiva e tattile della corteccia cerebrale dei cani, e idealmente si sovrappongono l'una all'altra, si rileva subito un fatto notevolissimo. Si rileva cioè che ciascuno dei suddetti quattro centri o sfere sensoriali, oltre a possedere — per così esprimerci — un territorio proprio, hanno anche territori in comune con le altre sfere circonvicine. I territori propri spesso di *esclusivo dominio* delle singole sfere, rappresentano per così dire il focolaio centrale delle medesime che corrispondono presso a poco alle aree corticali che reagiscono alle stimolazioni elettriche e talora

meccaniche e chimiche, con movimenti riferibili agli organi periferici influenzati dalle regioni eccitate. I territori comuni a più centri funzionali rappresentano la zona di irradiazione dei medesimi, per cui si ha l'incontro reciproco, l'ingranaggio e la *conseguente conglobazione o confusione parziale* di essi. Tra le zone di irradiazione ve n'ha una che può dirsi *territorio neutro* comune a tutti i quattro centri. Essa corrisponde alla porzione posteriore del lobo parietale. Questa zona può considerarsi come *il centro dei centri* nei cani. Difatti i cani in cui si asporta tale zona hanno un grave mutamento di carattere: da miti ed affettuosi che erano, diventano (Goltz) burberi, arcigni, litigiosi e prepotenti ».

Nessuna meraviglia quindi se noi, ledendo i lobi parietali e temporali abbiamo avuto fenomeni lievi di deficienza motoria e sensitiva, e qualche volta anche mutamenti di carattere.

Nei cani ai quali abbiamo oltre della corteccia asportato il nucleo lenticolare, osservammo i medesimi disturbi che nei cani operati di sola corteccia (disturbi a carico della vista e dell'udito); e di più abbiamo riscontrato gravi disturbi per quanto riguarda la motilità e la sensibilità.

Per la motilità nei primi giorni dopo l'operazione si è avuta paralisi dal lato opposto alla lesione, che poi mano mano, si è andata risolvendo, ma spesso in modo lentissimo e non completamente.

Per la sensibilità si notò nei primi giorni dell'operazione completa analgesia e anestesia che sono durate a lungo dileguandosi lentamente.

Nè si può dire che noi abbiamo leso la capsula interna e che quindi detti fenomeni di deficienza motoria e sensitiva dipendano da lesione della capsula; perchè noi nell'asportazione abbiamo procurato di togliere la sola sostanza grigia, del resto poi le sezioni macroscopiche del cervello ci hanno dimostrato che la capsula interna era integra. Così pure confidiamo che ci dimostreranno le sezioni dei cervelli conservati. Del resto possiamo essere quasi sicuri di non aver leso la capsula interna anche per il fatto che le lesioni di essa non risolvono, e dànno sempre disturbi più gravi di quelli da noi osservati nei cani operati. Carville e Duret [1] infatti descrivono come conseguenza della lesione della capsula interna una paralisi completa nel lato opposto alla lesione con gravissima ipoestesia; paralisi ed ipoestesia che dànno luogo spesso a contratture, e non risolvono restando presso a poco come erano in principio. A tutti poi è noto che nell'uomo le lesioni della capsula interna dànno luogo a paralisi gravi e permanenti, con contratture, e che il fatto della risoluzione della paralisi in leggiera paresi sia (Mingazzini) uno dei criteri per escludere la lesione della capsula, ed ammettere o quella della corteccia (se si sono riscontrati sintomi irritativi, come convulsioni ecc.), o quella del talamo ottico (se esistono movimenti atetoidi) o quella del lenticolare (se la paralisi risolve presto e non esistono movimenti atetoidi, nè si sono avuti sintomi irritativi).

Da queste brevi considerazioni ci sembra di poter concludere che il nucleo lenticolare è un *centro sensitivo-motore.*

Ma la sua azione è propria degli elementi nervosi che lo costituiscono, oppure dipende dalle connessioni che essi prendono con i centri della zona motrice?

[1] Carville e Duret, Archives de Physiologie, 1875.

Luciani e Tamburini considerano il nucleo lenticolare, insieme al nucleo caudato e al talamo ottico, come centro autonomo, capace di sostituire funzionalmente la zona motrice lesa o asportata; ciò non toglie però che esso non partecipi a quel mirabile sistema di ingranaggio che lega i centri cerebrali l'uno coll'altro. Le connessioni del corpo striato sono state soggetto di studi lunghi e diligenti, nè si può dire pronunziata l'ultima parola sulla loro importanza fisiologica.

Meynert ha descritto una via di conduzione che attraverso la capsula interna stabilisce un legame tra il corpo striato e la corteccia.

Marinesco col metodo delle degenerazioni vide che distruggendo nelle scimie e nei cani il lobo frontale, fra le altre lesioni secondarie si trovavano fibre degenerate nel corpo striato. Bianchi e d'Abundo notarono che il corpo striato nei cani si atrofizza quando si pratica un'estesa lesione del campo motore corticale: si ha in esso una diminuzione degli elementi cellulari, proliferazione leggera della nevroglia e dilatazione lieve dei capillari.

Secondo Dejerine il corpo striato, ed in particolar modo il nucleo caudato ed il putamen del nucleo lenticolare, non riceve fibre cortico-striate dirette, ma soltanto le fini collaterali che a lui abbandonano le fibre di proiezione corticali che attraversano la sua massa per andare alla capsula interna e di là al talamo, al bulbo ecc. Secondo Déjérine l'esistenza di fibre cortico-striate dirette, ed in particolare di una corona raggiata che unisca il lobo frontale al corpo striato, ammessa da Foville, Huguenin ecc., resta ancora da dimostrarsi.

Alcuni autori (Schwalbe, Edinger, Sachs, Bechterew), pur negando fibre di proiezione cortico-striate, ammettono, basandosi sull'omologia dello sviluppo e della struttura del corpo striato e della corteccia cerebrale stabilita da Wernicke, l'esistenza di un fascio di associazione cortico-striato, e descrivono come tale il fascio sottocalloso di Muratoff, od occipito-frontale. Secondo Dejerine però, questo fascio non va considerato come un fascio di associazione cortico-striato, le cui cellule di origine siano nella corteccia e le cui arborizzazioni finiscano al corpo striato, ma come un fascio di associazione intercorticale che unisce due punti più o meno lontani del mantello cerebrale, pur lasciando qualche collaterale al corpo striato. Per altri autori poi questo fascio sarebbe un insieme di fibre associative tra le varie parti del corpo striato.

Riguardo alla fine struttura del corpo striato (nucleo caudato e nucleo lenticolare) gl'istologi sono concordi nell'ammettere che essa è molto simile a quella della corteccia. Oltre alla sostanza fondamentale finemente reticolata, si distinguono cellule e fibre. Queste fibre sono state raggruppate in fasci di cui la maggior parte sono fibre di passaggio (fibre cortico-talamiche, cortico-protuberanziali, cortico-midollari) le quali abbandonano soltanto qualche collaterale. Le fibre nervose proprie sono rappresentate da cilindrassi delle cellule: esse, seguendo un cammino discendente, costituiscono le fibre striate di proiezione, le radiazioni cioè di neuroni striati, destinati ad unire i due gangli basali al talamo ottico. Tutte queste fibre tendono a riunirsi nel *globus pallidus*. Da questo poi partono le radiazioni strio-talamiche. Esse sono costituite (Dejerine) da fibre striofughe provenienti dai cilindrassi lunghi delle cellule del corpo striato e da fibre striopete terminali, le cui cellule di origine sono ancora poco note.

Noi abbiamo già concluso nel capitolo precedente che il nucleo caudato deve considerarsi come un centro sensitivo-motore; poichè tutti gli anatomici ammettono che le fibre della testa del nucleo caudato e quelle del putamen, come formazioni omologhe, abbiano la stessa funzione (Dejerine). Avendo noi ottenuto dopo la distruzione del nucleo lenticolare disturbi motori e sensitivi al pari di quelli che si notarono dopo la distruzione della testa del nucleo caudato, non ci sembra illogico ammettere che anche il nucleo lenticolare debba essere considerato al pari del caudato, come un centro sensitivo-motore. Nè valgono nemmeno nel nostro caso le obiezioni di Sgobbo, il quale partiva dal concetto che tutto ciò che si osserva dopo l'ablazione del corpo striato è dovuto alla compressione della capsula interna.

Le nostre conclusioni vanno perfettamente d'accordo con quanto ci insegna finora la patologia del nucleo lenticolare; infatti nelle lesioni di detto nucleo si riscontrano sempre, come già abbiamo detto altre volte, disturbi (deficienza) di senso e di moto. La lesione del nucleo lenticolare quindi, come quella della testa del nucleo caudato, produrrebbe secondo noi uno squilibrio su tutta la funzione della zona motrice, la quale ne risentirebbe in un modo eguale come nelle estese sue demolizioni. Le deficienze poi riparerebbero con lentezza al pari di quelle che si osservano per le lesioni della zona motrice. Quali siano i rapporti del nucleo lenticolare con la capsula interna, con la corteccia, e forse anche con le vie piramidali e con le vie sensitive, è quello che ci proponiamo di ricercare nei tagli seriali dei cervelli degli animali da noi operati: studio che disgraziatamente, per cause a noi non imputabili, è stato finora ritardato.

XI.

Sulla funzione dell' ipofisi cerebrale [1]

La posizione dell' ipofisi cerebrale al disotto dell' infundibulo del 3° ventricolo e in vicinanza delle fosse nasali e del faringe, fece concepire agli antichi osservatori l'idea che quest' organo avesse la funzione di filtrare ed espellere il « mucco » dal cervello. L'espulsione del mucco dal cervello, secondo Galeno, si faceva attraverso le cribrosità dell'etmoide verso il naso e attraverso certi forellini della sella turca verso il faringe; mentre per Vesalio in questa funzione intervenivano anche le vene e le arterie della base del cervello. Posteriormente altri autori ritennero l'ipofisi come un ganglio simpatico impari, mentre Silvius e dopo di lui Magendie, la considerarono come una glandula linfatica che avesse la funzione di raccogliere il liquido cerebrale e di metterlo in circolo. In base a quest' ultima teoria, l'ipofisi venne dopo compresa tra le glandole sanguigne a secrezione interna. Nessuno però tra gli autori citati sino a Magendie, Cl. Bernard e Brown-Séquard aveva portato in questo argomento alcun contributo sperimentale; e fu solo dopo che la funzione

[1] Queste ricerche, pubblicate nei Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, marzo-aprile 1901, fasc. V-VII, vol. 10, 1° sem., furono eseguite in collaborazione con G. van Ryuberk, allora studente laureando, ed ora professore di Fisiologia nella Università di Amsterdam.

della tiroide cominciò a destare interesse, che per analogia anatomica fra tiroide e ipofisi, l' attenzione degli esperimentatori si fissò anche sulla funzione di quest'ultima glandula, e si credette che fra le due glandole vi fosse una vicarianza funzionale. Questa teoria si basa sulle osservazioni di Rogowitsch (1) che descrisse alterazioni di struttura nei tessuti dell'ipofisi dopo l'estirpazione della tiroide, confermate poi da Stieda (2). da Tizzoni e Centanni (3), da Eiselsberg (4) e da Hofmeister (5).

I primi tentativi di estirpazione dell'ipofisi non ebbero alcun successo. Horsley (6), Dastre (7), Gley (8) e Marinesco (9), non riuscirono mai a far sopravvivere gli animali operati. Più fortunati furrono Vassale e Sacchi (10), i quali descrissero i fenomeni consecutivi all'asportazione dell'ipofisi. Dalle loro esperienze essi dedussero che questa glandula è destinata a produrre speciali sostanze necessarie all'organismo. Rimandando l'esame più accurato dei risultati ottenuti da Vassale e Sacchi a quando passeremo in rassegna i metodi operatori dei quali si sono serviti i vari sperimentatori per ledere l'ipofisi, vogliamo qui far notare che dopo la pubblicazione di questi autori le ricerche su questo organo divennero addirittura numerose. A ciò, secondo noi, influì il rapporto che venne descritto da alcuni neuropatologi, tra acromegalìa e alterazioni ipofisarie, i quali studi incoraggiarono le ricerche riguardanti l'opoterapia dell'ipofisi.

Furono Marie e Marinesco (11) i primi che nel 1891, dopo aver notato la frequente concomitanza di un tumore ipofisario nei casi di acromegalia, ammisero che la causa interna di questa malattia si deve ricercare nelle alterazioni funzionali dell' ipofisi.

In seguito molti altri patologi, illustrando casi di acromegalia, hanno cercato di riavvicinare ancora più il nesso patogenetico tra questa malattia e il tumore ipofisario col quale spesso si accompagna. Tamburini (12) ha anche emesso, dopo esame accurato di alcuni casi di acromegalia descritti dagli autori, un'altra teoria. Egli crede che i caratteri e il decorso della malattia fanno pensare che il processo patogenetico abbia due fasi: una prima di ipertrofia e iperattività funzionale dell' ipofisi che corrisponderebbero al periodo di accrescimento delle ossa, il quale sarebbe prodotto dall'accumulo nell' organismo di sostanze speciali che producono le iperplasie ossee; una seconda di degenerazione ovvero di neoplasia omologa od eterologa dell' ipofisi, che corrisponderebbe alla cessazione dell' accrescimento osseo e alla fase cachettica che sempre sopravviene all' acromegalia, e porta più o meno presto alla morte.

(1) Rogowitsch, Ziegler's Beitr., IV, 1889.
(2) Stieda, Ziegler's Beitr., VII, 1890.
(3) Tizzoni e Centanni, Arch. Scienze mediche, 1890.
(4) Eiselsberg, Vert. der Deut. Gesell. f. Chir., 1893.
(5) Hofmeister, Beitr. z. Klin. Chir., XI, 1894.
(6) Horsley, Brit. Med. Journ. 1885, Proceed. of the roy. Soc. of London, 1885-86.
(7) Dastre, Compt. Rendus de la Soc. de Biol., 1892.
(8) Gley, Arch. de Phys., IV, 1892.
(9) Marinesco, Comp. Rendus de la Soc. de Biol., 1892.
(10) Vassale e Sacchi, Riv. Sper. di Fren., 1892.
(11) Marie e Marinesco, Arch. de Méd. expér., 1891.
(12) Tamburini, Riv. Sper. di Fren., 1894-95-96.

Su questo argomento, molti altri autori hanno già lavorato: ma i risultati sull'azione negli animali della prolungata introduzione in abbondanti quantità di succo d'ipofisi, sono fra loro molto disparati.

Così Szymonovicz ([1]) trovò che il succo dell'ipofisi diminuisce la pressione sanguigna, mentre Schäfer e Vincent ([2]) la videro nelle medesime condizioni aumentare.

Per Mairet e Bosch ([3]) il succo d'ipofisi eccita il sistema nervoso; per Osborne e Vincent ([4]) lo deprime; per Collina ([5]) ha un'azione trofica su esso, per Schiff ([6]) aumenta la composizione dei fosfati. Cyon ([7]) infine, il quale molto si è occupato della fisiologia dell'ipofisi, e ha emesso nuove teorie, crede che la sostanza contenuta nella glandula pituitaria contenga almeno due principî attivi. Di questi, l'uno, che forse non si trova normalmente nel prodotto di essa, ha azione opposta all'altro, e ha dato luogo, prevalendo casualmente nei preparati usati, a molte opinioni erronee. Inoltre ritiene che la contraddizione dei risultati delle varie ricerche eseguite con l'iniezione di succo d'ipofisi, dipenda dal modo di estrarre dall'organo la sostanza attiva. Riservandoci di ritornare sui lavori di Cyon, da noi presi in speciale considerazione, qui ci limitiamo a dire che egli viene alla conclusione che l'ipofisi regoli meccanicamente e chimicamente la circolazione endocranica, e che, stimolata, emetta un succo, il quale innalza la pressione sanguigna ed eccita i centri bulbari del vago.

Dopo la pubblicazione di Vassale e Sacchi, è notevole quella di Caselli che ritiene l'ipofisi non vicariante, ma sussidiaria della tiroide. Questo piccolissimo organo, per mezzo dei suoi prodotti di secrezione, regolerebbe l' equilibrio di alcune sostanze tossiche circolanti nell' organismo.

E con ciò non abbiamo finito di riferire tutte le teorie che sono state emesse sulle funzioni dell'ipofisi. Wolf ([8]) nel 1879, e Pisenti e Viola ([9]) nel 1890, conclusero che l'ipofisi è un organo emopoietico, o secernente una sostanza utile ai corpuscoli rossi.

I diversi tentativi per chiarire le funzioni dell' ipofisi crediamo si possano riunire in tre gruppi.

Nel primo gruppo si possono comprendere i lavori che riguardano lo studio delle alterazioni istologiche riscontrate nelle ipofisi degli animali morti per asportazione delle tiroidi.

Come abbiamo detto, fu Rogowitsch il primo che descrisse un aumento di volume e alterazioni istologiche di natura ipertrofica nell' ipofisi di conigli operati di tiroide e sopravvissuti all' asportazione incompleta. Stieda confermò i risultati di Rogowitsch, avendo nei conigli con tiroidi estirpate, insieme colle altre alterazioni nei diversi organi, trovata una notevole ipertrofia della parte glandulare dell' ipofisi.

([1]) Szymonowicz, Pflüger's Archiv. 73, 1896.
([2]) Schäfer e Vincent, Journal of Phys., XXV, 1899.
([3]) Mairet e Bosch, Semaine méd., 1896.
([4]) Osborne e Vincent, Journal of Phys., XXIV, 1899.
([5]) Collina, Riv. Sperim. di Fren., 1898.
([6]) Schiff, Zeitsch. f. klin. med., XXXII, 1897.
([7]) Cyon, Pflüger's Arch. vol. 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76 e 77.
([8]) Wolf, Jahresbericht f. Neurol. u. Pscyh., 1897.
([9]) Pisenti e Viola, Istituto Anatomo-Patologico di Perugia, 1890.

Tizzoni e Centanni ripresero questo argomento, e notarono che nei cani normali il peso dell'ipofisi varia entro limiti estesi, e non è in rapporto con la grandezza dell'animale. Nei due cani, poi, che erano stati operati delle tiroidi, le ipofisi erano in preda ad alterazioni sia morfologiche che chimiche, specialmente osservabili nella parte centrale dell'organo, ove più non si riscontravano elementi normali. Essi, in base a questi risultati propendono per un rapporto funzionale tra l'ipofisi e la tiroide, e ammettono che all'ipofisi potrebbe essere affidato l'ufficio di sostituire per un tempo limitato la glandula tiroide estirpata. Schönemann [1] studiando microscopicamente le ipofisi tratte da cadaveri di individui morti per gozzo, le trovò alterate; però le alterazioni furono parimenti trovate in ipofisi di individui morti per altre malattie, mentre in altri che presentavano il gozzo, l'ipofisi era normale. Egli non crede, del resto, che le alterazioni riscontrate indichino una compensazione funzionale della tiroide ammalata, ma che le medesime cause che fanno ammalare la tiroide, siano pure sufficienti ad alterare l'ipofisi. Hofmeister conferma la teoria di Rogowitsch, mentre Schwarz [2] già precedentemente aveva scritto di avere ritrovato in minima parte le alterazioni descritte da Rogowitsch negli animali stiroidati.

Come si scorge da questa letteratura, pare abbastanza ben confermato che l'ipofisi si alteri dopo la tiroidectomia; ma i dati finora raccolti non ci sembrano sufficienti per fondare la dottrina di una funzione vicariante reciproca tra le due glandule. Nè le esperienze eseguite da Caselli [3] allo scopo di studiare i rapporti funzionali fra ipofisi, tiroidi, e paratiroidi, osservando l'alterazione che l'ipofisectomia porta nel quadro della cachessia tireopriva, e della tetanìa paratireopriva, recano maggior luce per la soluzione di questa questione. Niente di più facile che, dopo una operazione così grave, come è quella della ipofisectomia, il quadro morboso della cachessia tireopriva si aggravi e si alteri.

Un secondo gruppo di lavori comprende gli effetti delle iniezioni di succo ipofisario, o di altri prodotti ottenuti con l'ipofisi, che tennero dietro alle ricerche fatte da Vassale e Sacchi, i quali osservarono col sopradetto trattamento qualche lieve migliorìa nei cani operati d'ipofisi. Onde alla teoria ricordata che la distruzione dell'ipofisi favorisce la formazione e l'aumento nell'organismo di speciali sostanze tossiche, aggiunsero che questo organo secerne un succo necessario pel nostro organismo. Queste esperienze furono seguite da molte altre, in cui questo argomento, che si riconnette collo studio dell'acromegalia, è stato trattato da vari punti di vista. I risultati ottenuti da queste ricerche sono molto contraddittori e molto dubbi. Ciò che pare assodato, si è che la pressione, dopo l'iniezione di succo ipofisario, cambia. Il fatto, però, che, iniettando succo di sostanza cerebrale, si ha un effetto simile, come è stato visto da Schäfer e Swale Vincent [4] aumenta lo scetticismo per queste esperienze.

Medesimamente l'opinione che l'ipofisi produca un secreto che ha la proprietà di regolare la distribuzione del sangue nel cervello, solo perchè per eccitazione sia meccanica sia elettrica di questo organo si hanno cambiamenti di pressione, è stata

(1) Schönemann, Virchow's Archiv. vol. 129, p. 319.
(2) Schwarz, Lo Sperimentale, 1892.
(3) Caselli, Reggio Emilia, tipografia Calderini, 1900.
(4) Schäfer e Swale Vincent, Journal of Physiology, XXIV, 1899.

confutata da Biedl e Reiner [1], i quali hanno dimostrato che con l'eccitamento di moltissimi punti della corteccia cerebrale, si ottiene il medesimo effetto. D'altra parte occorre notare che la pressione risente l'azione del succo d'ipofisi solo quando se ne iniettano dosi rilevanti ottenute con quantità di organi 30-50 volte più grandi del peso dell'ipofisi dell'animale trattato.

A tutte queste obiezioni vogliamo anche aggiungere una breve notizia delle osservazioni cliniche eseguite recentemente da Strümpell [2], e che riguardano la ben nota questione della causa patogenetica della acromegalia. Strümpell nota che non sempre c'è tumore dell'ipofisi nell'acromegalia, mentre spesso c'è tumore della ipofisi senza acromegalia, e senza alcun indizio di alterazioni di funzioni generali dell'organismo. Risulta pure dalle sue osservazioni che i fenomeni acromegalici precedono quelli del tumore dell'ipofisi, e che, malgrado questo, il cuore e la temperatura si mantengono sempre normali. Cosicchè conclude che il tumore dell'ipofisi è da considerarsi come coordinato all'acromegalia, e non in rapporto causale con essa, perchè non è probabile che un organo poco importante per apparenza esterna e per sviluppo e che per la sua posizione filogenetica appartiene agli organi rudimentali (così lo considera anche Wiedersheim) [3] in via di regresso, sia di tale importanza per l'economia generale dell'organismo, che un disturbo della sua funzione abbia tante e tali conseguenze, quali dà il quadro dell'acromegalia: inversione dello sviluppo organico, arresto di funzioni sessuali, quasi totale cessazione dell'ossidazione degli idrati di carbonio. Anche un altro patologo, lo Schültze [4], crede che il tumore dell'ipofisi nell'acromegalia sia un fenomeno secondario, per quanto abbastanza frequente, ed in riguardo al vantato vantaggio ottenuto con somministrazione di estratto d'ipofisi, l'autore nota che in un suo caso non ha visto alcun risultato dall'uso, prolungato per settimane di tavolette di ipofisi, mentre invece spontanei periodi di regresso del male sono frequenti, e coincidendo con la cura organo-terapica, possono far credere ad un benefizio portato da essa. Nessuna luce quindi riceve la funzione della ipofisi da tutte queste ricerche. L'utilità dell'opoterapia dell'ipofisi nell'acromegalia e in altre malattie, come pure l'azione fisiologica del succo ipofisario non è ben dimostrata, e da questo lato la funzione dell'ipofisi resta sempre enigmatica.

Passiamo ora a considerare il terzo gruppo di lavori che concerne lo studio dei fenomeni consecutivi a lesioni ed estirpazione dell'organo ipofisario.

Horsley fu il primo a tentare questa operazione. Dastre cercò di distruggere la glandola pituitaria per la via della bocca adoperando un trapano speciale, mentre Gley preferì un altro metodo operatorio. Egli apriva il cranio dei conigli con un trapano applicato sul punto mediano di una linea trasversale, che andava da un angolo orbitale posteriore all'altro; quindi con un trequarti che infiggeva nella sostanza cerebrale cercava di giungere nella sella turcica, e movendo lo strumento, distruggeva l'ipofisi. Dei suoi conigli operati uno solo sopravvisse per un anno, ma la sezione

(1) Biedel e Reiner, Pflüger's Archiv, vol. 73.
(2) Strümpell, Deut. Zeitschr. f. Nervenheilk., XI, 1897.
(3) Wiedersheim, Rivista di scienze biologiche, 1900, pag. 801.
(4) Schültze, Deut. Zeitschr. f. Nervenheilk., XI, 1897.

mostrò che l'ipofisi non era stato distrutta. Con tutto ciò l'A. ha creduto che i disturbi che ha presentato l'animale durante la sopravvivenza, fossero dovuti all'alterata funzione dell'ipofisi se non distrutta almeno lesa, che egli con Rogowitsch considerava come organo vicariante della tiroide. In verità, dai fenomeni che presenta l'animale dopo l'operazione è più facile dedurre che il trequarti dell'operatore abbia se mai leso i peduncoli cerebrali e non l'ipofisi. D'altra parte Gley fa notare le difficoltà del suo metodo operatorio. Egli dice che servendosi con troppa violenza del suo strumento, si rischia di determinare un'emorragia mortale, e se invece si adopera con molta dolcezza, non si lacerano gli elementi cellulari dell'ipofisi. Vedremo, descrivendo il metodo di cui ci siamo serviti, come queste obiezioni non rispondano ai fatti.

Certo si è, che dietro i risultati quasi negativi ottenuti da Gley, tutti gli AA. che si sono dopo di lui occupati di questo argomento, hanno cercato di ledere l'ipofisi attraverso la via boccale. Tra questi, il primo per ordine di data fu Marinesco [1] il quale, volendo sperimentalmente provare il nesso causale che passa tra alterazione dell'ipofisi e acromegalia da lui sostenuto in una precedente pubblicazione insieme a Marie, mise in pratica un nuovo metodo per riuscire a distruggere l'ipofisi. Egli, nella parte posteriore del palato perforata con un termocauterio, applica una corona di trapano tra le due apofisi pterigoidee, e distrugge l'ipofisi con un ferro ricurvo arroventato. I tentativi furono fatti sui gatti e due volte sui cani nei quali l'operazione, dice l'autore, è più difficile. Di questi animali, uno sopravvisse quattro giorni, il secondo cinque giorni e un terzo diciotto giorni; gli altri morirono quasi immediatamente di emorragia. I tre gatti sopravvissuti presentarono dimagramento progressivo e abbassamento della temperatura. L'autore però non esclude che la morte avvenisse per infezione, di modo che neanche queste esperienze portarono a risultati certi, ma solo tracciarono la via, già ideata da Dastre, con la quale si può riuscire a ledere l'ipofisi.

Cosicchè, quando Vassale e Sacchi nel 1892 cominciarono a occuparsi della funzione dell'ipofisi, trovarono l'argomento quasi vergine, poichè nessuno prima di loro era riuscito in seguito alle asportazioni a dimostrare quali funzioni avesse questa glandula; se cioè fosse o no indispensabile per la vita dell'animale. Essi modificarono il metodo adoperato da Marinesco. Inciso il palato, dopo aver fissata nella massima apertura la bocca dell'animale, e tenuta spostata la lingua, legata ad un filo, in modo da rendere più libero il campo operatorio, con una sgorbia staccano una scheggia ossea tra le apofisi pterigoidee, e attraverso questa apertura, distruggono l'ipofisi con il termocauterio e con un po' di acido cromico. Con accurate osservazioni credettero di poter stabilire che l'assenza dell'ipofisi è letale in un tempo più o meno breve tanto nei cani che nei gatti, animali di cui si servirono gli AA. per i loro esperimenti. Inoltre descrissero il quadro sintomatico consecutivo all'operazione e tra i risultati costanti notano: l'abbattimento psichico, il cambiamento di carattere, i movimenti fibrillari, le scosse muscolari, l'abbassamento della temperatura, la polidipsia, l'anoressia, il dimagramento e la morte; mentre come sintomi frequenti mettono la rigidità del treno posteriore, l'incurvatura del dorso, gli accessi di convulsioni tonico-

[1] Marinesco, Comptes rendus, Soc. Biol., 1892.

-cloniche, la poliuria, il vomito. Dal complesso dei sintomi essi trassero la conseguenza già da noi riferita, che l'ipofisi elabori uno speciale prodotto necessario all'organismo e che per l'assenza di tale prodotto si manifestino i fenomeni suddescritti, che conducono alla morte dell'individuo.

Simili risultati furono ottenuti da Gatta [1] nel 1896 e da Kreidl e Biedl [2] nel 1897. Più numerose esperienze fece il Caselli nel 1900. Questo giovane sperimentatore, di cui si deplora l'immatura fine, estirpò l'ipofisi nelle rane, nei conigli, nei gatti e nei cani. Le rane, secondo l'A., per il loro sistema nervoso troppo eccitabile non si prestano alle esperienze, perchè lesioni di altre parti del cervello dànno sintomi identici a quelli consecutivi all'ipofisectomia, Come soggetto di esperimento venne anche dall'A. scartato il coniglio, il quale non si presta all'operazione di asportazione dell'ipofisi. Le esperienze quindi molto numerose del Caselli sono state eseguite nei cani e nei gatti. In una prima serie di esperienze questo autore risecava l'arcata zigomatica e l'apofisi coronoide, e dopo avere perforata con la sgorbia la scatola cranica, asportava con uno speciale strumento l'ipofisi. Questo metodo però non diede risultati pratici, in quanto che tutti i diciannove animali operati morirono di meningite, di emorragia o di shok. Abbandonato questo metodo operatorio, l'A. si servì per le sue ulteriori esperienze di quello di Vassale e Sacchi che modificò in qualche piccola parte. I fenomeni che egli notò negli animali sopravvissuti differiscono alquanto da quelli descritti da Vassale e Sacchi. Caselli registra che i cani operati presentano depressioni delle facoltà psichiche, disturbi del movimento, incurvamento del dorso, andatura spastica, assenza di contrazioni clonico-toniche degli arti e mancanza di accessi convulsivi, cachessia progressiva, diminuzione rapida del peso, coma, morte. Inoltre spesso notò polidipsia e polifagia alternata con anoressia. In base a questo quadro sintomatico, Caselli conclude che l'ipofisi è un organo di alta importanza fisiologica, che per mezzo dei suoi prodotti di secrezione, regola nel circolo l'equilibrio di talune sostanze tossiche.

Se ora esaminiamo minutamente le esperienze, sui risultati delle quali si basano le teorie emesse sia da Vassale e Sacchi che da Caselli, siamo costretti a riconoscere che questi autori lottarono contro gravi complicanze di natura infettiva, a causa della comunicazione che con il loro metodo operatorio viene a stabilirsi tra il cavo naso-faringeo e la cavità cranica. Vassale e Sacchi operarono quaranta animali: ventitre cani e diecisette gatti. In quindici cani e in sedici gatti l'operazione riuscì, ma tra essi molti morirono d'infezione o di emorragia; gli altri in numero di diciotto, nei quali fu potuta escludere la causa infettiva, morirono quasi tutti nella prima settimana, ad eccezione di due gatti, dei quali uno sopravvisse otto giorni e l'altro undici giorni, e di un cane che morì dopo quattordici giorni dall'operazione.

La critica del lavoro di Vassale e Sacchi è stata fatta da Caselli. Questi osserva che Vassale e Sacchi col distruggere l'ipofisi con l'acido cromico, il quale facilmente si diffonde per mezzo del liquido cefalo-rachidiano, per mezzo dei vasi e per mezzo dei linfatici, nei centri e nelle vie motorie vicine, complicarono assai la fenomeno-

(1) Gatta, Gazz. degli Ospedali, n. 146, a. 1896.
(2) Kreidl e Biedl, Wien. Klin. Wochenschr., 1897.

logia degli animali operati. Ed invero il metodo della distruzione chimica di parti del sistema cerebro-spinale consigliato da Beaunis, e praticato da Fournier e da Nothnagel, fu già da parecchio tempo abbandonato dagli sperimentatori, per l'impossibilità di localizzare e di regolare la diffusione del liquido iniettato, e per la forte irritazione che da esso viene suscitata immediatamente alle parti vicine. Coll'uso dell'acido cromico quindi, secondo Caselli, vennero descritti dai precedenti AA. quali sintomi propri alla mancata funzione dell'ipofisi, dei fenomeni che si osservano egualmente nelle lesioni di altre parti della base del cervello. Inoltre egli ritiene che i disturbi *psichici* e l'*anoressia* sono causati nei primi giorni dal forte dolore che l'animale prova inghiottendo e dal dolore causato dai nervi della dura madre lesi. Similmente per gli altri sintomi che si osservano nei primi giorni dopo l'asportazione dell'ipofisi (operazione della più alta gravità) sorge naturale il dubbio che essi più che alla assenza della funzione dell'ipofisi siano da attribuirsi alle conseguenze del trauma che certamente non possono essere vinte in uno o in due giorni. La teoria di Vassale e Sacchi rimane quindi sostenuta dalle tre esperienze riguardanti i due gatti e l'unico cane che sopravvissero all'operazione per un periodo di 8-14 giorni. Ma anche in queste esperienze in verità non si nota quella gravità e uniformità nei sintomi da imporre all'osservatore la diagnosi di intossicazione. Ben altro è il quadro che si presenta nei cani stiroidati od operati di capsule surrenali! In favore però della teoria emessa da Vassale e Sacchi sta il fatto, che mentre i cani nei quali l'asportazione dell'ipofisi non riuscì, sopravvissero all'operazione per molto tempo, finchè furono sacrificati dagli AA., gli altri invece morirono in pochi giorni. Pur non di meno, la teoria sostenuta da Vassale e Sacchi non può ritenersi come dimostrata, nè le esperienze di Caselli riescono a venire in aiuto di essa.

Caselli operò quarantasette cani e nove gatti: dei quali animali, tre cani (quelli segnati con i numeri 28, 40 e 45) sopravvissero all'operazione per un periodo di tempo maggiore di sette giorni, e senza che fosse sopravvenuta alcune malattia da infezione. Egli però non si servì del metodo operatorio di Vassale e Sacchi, ma lo modificò alquanto, e la modificazione più importante che egli vi introdusse, consisteva nella pratica di asportare l'ipofisi servendosi di due piccole pinze a cucchiaio che egli immetteva nella breccia ossea fatta attraverso il palato, ed evitando così le obiezioni che egli stesso aveva fatto ai su accennati autori, i quali distruggevano l'ipofisi coll'acido cromico. Operando in questo modo egli, pur avendo perduta una grande quantità di animali per infezione, potè constatare che i fenomeni che si riscontrano dopo l'ipofisectomia, differivano, come già abbiamo detto, da quelli registrati da Vassale e Sacchi.

Ne venne di conseguenza che la teoria da lui sostenuta sulla funzione dell'ipofisi, è diversa da quella già emessa dai suoi predecessori; e, cosa molto notevole, mentre questi non videro sopravvivere gli animali operati al di là di quattordici giorni, i tre cani di Caselli, con operazione riuscita, morirono rispettivamente dopo 16, 21, 22 giorni.

Da questa ultima osservazione sorge naturale il dubbio che la prolungata sopravvivenza degli animali operati da Caselli sia dovuta alla migliorata tecnica operatoria. Dimodochè, se oltre a tutte queste considerazioni, teniamo presente la facilità

con cui gli animali, operati d'ipofisi per la via orale si infettano, e le ultime ricerche di Gaglio [1] il quale operando rane, rospi e testuggini, riuscì a tenere in vita questi animali per dei mesi, senza che mai presentassero sintomi attribuibili alla deficienza dell'organo in questione, non sembrerà strano che anche noi abbiamo voluto riprendere questo argomento, cercando di utilizzare un nuovo metodo operatorio, il quale in paragone agli altri su citati, avesse il vantaggio di poter meglio evitare l'infezione settica.

Erano già finite le nostre esperienze quando i dottori Friedmann e Maass [2] pubblicarono la loro Nota sulla funzione dell'ipofisi. Questi AA., modificando in qualche particolare il metodo di Vassale e Caselli, dal risultato ottenuto in un gatto operato di completa ipofisectomia, che uccisero dopo tre mesi e mezzo dall'operazione, senza aver mai notato in esso alcuna alterazione, concludono che l'ipofisi non è un organo vitale.

Allorchè noi ci decidemmo a studiare la funzione dell'ipofisi, nostra prima idea fu quella di servirci del metodo operatorio da noi utilizzato per lo studio della fisiologia del corpo calloso, dei talami ottici e del nucleo caudato. La dimostrazione data che la legatura del seno longitudinale ed il consecutivo taglio di esso e della gran falce del cervello, seguìto alla sua volta da quello del corpo calloso, non produce sugli animali così operati, alcun pericolo per la vita di essi, ci spianava la via. Qualora noi, dopo essere penetrati nel terzo ventricolo, avessimo, con uno strumento adatto, perforato l'infundibulo ed asportata l'ipofisi, le alterazioni consecutive che noi avremmo osservato, dovevano naturalmente dipendere dalle lesioni di queste due sole parti cerebrali. Fatti però i primi tentativi, ci accorgemmo che potevamo fare a meno della legatura del seno per poi tagliarlo insieme alla falce, e potevamo semplificare l'operazione, servendoci di punti di ritrovo nel seguente modo:

Fatta una breccia ossea sulla superficie cranica, si apriva la dura madre lateralmente al seno longitudinale, e si introduceva per questo foro, lungo la gran falce del cervello, un piccolo strumento a sottile e lungo manico metallico, avente l'estremità inferiore ricurva e foggiata a cucchiaino con margini ottusi.

Questo piccolo strumento, con la sua parte concava rivolta verso la falce, si abbassa perpendicolarmente fino alla base del cervello, dopo aver perforato il corpo calloso e l'infundibulo. Avendo cura di far penetrare il cucchiaino nel punto di mezzo di una linea trasversale che dalla parte anteriore del padiglione dell'orecchio va a quello del lato opposto, si era quasi sicuri di cadere sulla scanalatura ossea che porta alla cavità detta sella turcica, o direttamente dentro di essa. Allora non restava altro che imprimere al manico del cucchiaio un movimento uguale ad un quarto di giro, in modo che la parte concava dello strumento penetrasse meglio nella cavità della sella turcica, e di manovrarlo in modo da schiacciare e ridurre in poltiglia il tessuto che si trovava dentro di essa. Fatto ciò, si faceva riprendere al cucchiaio la posizione primitiva per tirarlo fuori dalla massa cerebrale. Si faceva dopo un doppio

[1] Gaglio, *Ricerche di fisiologia e di scienze affini, dedicate al prof. Luciani* (Società Ed. Libr. Milano, 1900).

[2] Friedmann e Maass, Berl. Klin. Wochenschr., n. 52, a. 1900.

piano di sutura e, fasciata la ferita, il pericolo di infezione veniva quasi sempre evitato. La complicanza possibile ed abbastanza frequente era l'emorragia dei vasi della base del cranio che facilmente portava l'animale alla morte.

Dalla descrizione del nostro metodo operatorio, facilmente si desume che esso è molto analogo a quello tentato da Gley e di cui già abbiamo brevemente scritto. Gley però penetrava attraverso la massa cerebrale senza servirsi di ritrovi topografici, e ledendo perciò ogni volta che operava organi cerebrali più o meno importanti, e producendo più facilmente emorragie letali. Il fatto poi che lo stesso Gley ritenne non idoneo allo scopo il suo metodo operatorio, mostra quanto esso doveva essere disastroso, e quanto differente dal nostro, il quale ci ha permesso di potere non solo eseguire bene l'estirpazione completa, ma di potere seguire le alterazioni postoperatorie. All'obiezione se lo spappolamento della glandula equivalga all'asportazione di essa, noi rispondiamo affermativamente, e di tale opinione doveva essere anche il Gley, quando operò i suoi conigli. È naturale che l'organo spappolato giacente come corpo estraneo nella base del cervello, finisca colla necrosi e col riassorbimento dei suoi elementi, nè d'altra parte, questo tessuto riassorbito può, secondo noi, anche in base alle esperienze già citate, produrre un'immunità contro la cachessia da ipofisi. Anche se la producesse, essa immunità dovrebbe avere una ben breve durata.

Per queste ragioni siamo indotti a credere che il nostro metodo sia praticamente e teoricamente ottimo, e di gran lunga superiore a quello adoperato dagli altri sperimentatori che ci hanno preceduto. I risultati e le osservazioni che abbiamo raccolto dalle nostre esperienze, sono brevemente descritti qui appresso.

Esperienza I. — 14 agosto 1900. Cane barbone di kg. 6,200. L'animale muore durante l'operazione.

Esperienza II. — 16 agosto 1900. Canetto bigio di kg. 3,100. L'operazione si compie senza alcun inconveniente. L'indomani il cane cammina bene, ma rifiuta il cibo.

19 agosto. — Stato generale peggiorato. Il cane è irrequieto, non prende cibo, beve un po' di latte. Temperatura 37,5. Respira con difficoltà. Pesa kg. 2,800.

20 agosto. — Si muove meglio, presenta un lieve movimento di maneggio da sinistra verso destra.

21-23 agosto. — L'animale sta meglio, è però apatico e rimane di preferenza a cuccia. Pesa kg. 2,700.

1 settembre. — Stato generale normale. Apatia scomparsa. Si medica la ferita cutanea in qualche punto suppurata. Mangia con buon appetito. Pesa 3350 grammi.

6 settembre. — Si è molto ingrassato. Pesa 3550 grammi. La sensibilità ed i sensi specifici sono normali.

20 settembre. — Pesa kg. 3,750.

5 ottobre. — L'animale si trova morto. Pesa 3000 grammi. La morte è stata preceduta da un breve periodo di dimagramento, prodotto da diarrea e da vomito.

All'autopsia si osservano le meningi anemiche, di colore giallo intenso. Al posto dell'ipofisi si trova un tessuto fibroso, aderente al bordo della sella turcica. Questo

tessuto, fissato in alcool e colorato con emallume Meyer ed eosina, mostra una struttura puramente connettivale con assenza completa di elementi ipofisari.

Esperienza III. — Cagna di kg. 7,750.

18 agosto. — Nessun inconveniente durante l'operazione. Temperatura dopo l'operazione 40°. Nel corso della giornata l'animale resta in stato comatoso, presentando scosse muscolari e lamentandosi spesso.

19 agosto. — L'animale sta sempre male, beve un po' di latte, ma rifiuta la carne.

20 agosto. — Pesa 6800 grammi. Temperatura 40°. Non mangia, ma beve frequentissimamente acqua e prende il latte.

21 agosto. — L'animale comincia oggi a mangiare, beve sempre molto. Cammina, ma sembra stupidito. Mostra di vedere poco.

6 settembre. — Si mostra più intelligente, cammina con prudenza, a causa della diminuita potenza visiva, mangia e beve moltissimo. È aumentato di peso (gr. 7800). Esaminando il senso della vista, si constata che a sinistra l'animale è cieco quasi del tutto, mentre a destra mostra una potenza visiva ridotta. La pupilla è dilatata e poco mobile alla luce. Tutti gli altri sensi tanto generali che speciali sono normali.

1 dicembre. — L'animale viene sacrificato (dopo 103 giorni dall'operazione). Pesa 8250 grammi.

All'autopsia si trova l'ipofisi perfettamente integra, essendo l'istrumento caduto nella parte anteriore dell'infundibulo.

Esperienza IV. — Cane del peso di kg. 5,950.

Operato il 20 agosto, muore di shok il giorno dopo.

All'autopsia si constata che l'ipofisi non era stata lesa.

Esperienza V. — Cane del peso di kg. 3,400. Si opera il giorno 22 agosto, e si trova morto dopo 48 ore per forte emorragia basale. L'autopsia rivela inoltre che l'ipofisi era stata ridotta in poltiglia.

Esperienza VI. — Cane del peso di kg. 7,700. Morto lo stesso giorno dell'operazione (24 agosto). L'ipofisi non era stata lesa. Egualmente di shok morirono i cani operati il giorno 26 e il giorno 28 agosto (esperienze VII e VIII), dove l'ipofisi era stata quasi completamente schiacciata.

Esperienza IX. — Canetto di grammi 3200. Si opera il 30 agosto senza alcuna complicanza. La temperatura prima d'operare era di 39°, subito dopo l'operazione si trovò abbassata a 37°, e risalì nelle ore pomeridiane dello stesso giorno a 39,5°. Verso sera il cane è stato visto camminare, trascinando un poco gli arti posteriori.

31 agosto. — Temperatura 39°. Il cane si lamenta prende il latte, ma rifiuta la carne.

2 settembre. — Si medica la ferita, nella quale si è formato un piccolo ascesso. Pesa grammi 3000.

3-5 settembre. — Il cane è vispo, allegro, intelligente, mangia e beve àbbastanza La vista si mostra deficiente. Pesa 3300 grammi.

6 settembre. — Si fa l'esame dei sensi specifici, tra i quali il gusto pare deficiente. La sensibilità tattile e dolorifica ci sembra ottusa negli arti inferiori. La vista è quasi abolita, la pupilla, dilatata, è poco sensibile alla luce. Il fondo oculare non

presenta alcuna alterazione. Volendo rivedere ancora il fondo oculare, nel rifissare l'animale nell'apparecchio di contenzione, forse per essere stata troppo stretta la morsa che ferma la bocca, il cane muore.

All'autopsia l'ipofisi è assente, si trova attaccato all'infundibule un grumo sanguigno piccolissimo in via di organizzarsi.

Esperienza X. — Piccola cagna di grammi 4200. Operata il 31 agosto e morta dopo 24 ore. Operazione riuscita.

Esperienza XI. – Piccolo cane di grammi 3150. Operato il 2 settembre, e morto dopo 18 giorni di meningite siero-purulenta. L'ipofisi non era stata toccata.

Esperienze XII-XIII. — Cani morti di shok nella prima giornata dopo l'operazione. In ambedue l'ipofisi si trovò ridotta in poltiglia.

Esperienza XIV.

5 settembre. — Piccolo cane del peso di grammi 3700. Dopo operato la temperatura è di 37°.

7 settembre. — La guarigione procede bene. Il cane mangia e beve avidamente; pesa grammi 3600. Temperatura 39°. Vede bene, ma pare psichicamente un po' depresso.

19 ottobre. — In tutto questo periodo postoperatorio l'animale non ha presentato nulla di anormale, ad eccezione di un lieve abbattimento psichico. Il peso è rimasto stazionario a 3550 grammi. Viene sacrificato il 30 novembre, dopo 80 giorni di sopravvivenza all'operazione.

All'autopsia si constata l'assenza completa dell'ipofisi come nell'esperienza II. Si conserva il cervello in liquido di Müller per essere poi utilizzato per le ricerche istologiche, allo scopo di vedere se e quali degenerazioni sopravvengono per la lesione della parte infundibulare del cervello. Allo stesso scopo sono stati messi ad indurire tutti i cervelli di cani e di gatti operati, che sono stati sacrificati dopo più mesi di sopravvivenza all'operazione.

Esperienza XV. — Piccolo cane di grammi 2480. Muore dopo 3 giorni dall'operazione. All'autopsia si riscontra forte emorragia basale e l'ipofisi spappolata.

Esperienza XVI. — Cane di grammi 5550. Operato il 9 settembre. Morto dopo 8 giorni per infezione, l'ipofisi era già quasi tutta assorbita.

Esperienza XVII. — Gatto di grammi 2600. Operato sempre collo stesso metodo il 12 settembre.

13 settembre. — L'animale sta fermo, prende poco latte con la pipetta.

14 settembre. — Il gatto non mangia, beve appena e non si muove.

18 settembre. — Pesa grammi 2450. Si muove abbastanza, ma rifiuta ancora la carne, contentandosi di bere un poco di latte. La funzione visiva si mostra normale.

21 settembre. — Pesa grammi 2350. Comincia ad accettare la carne, ma è sempre cattivo e rabbioso. Beve molto.

30 novembre. — Non ha ripreso il peso iniziale, pesando 2400 grammi. Viene sacrificato. All'autopsia si trova l'ipofisi illesa, lo strumento essendo caduto lateralmente alla sella turcica.

Esperienza XVIII. — Cane di grammi 4500. Morto di shok nelle 24 ore. L'operazione era riuscita bene.

Esperienza XIX. — Cane di grammi 4550. Questo cane ha presentato nel primo mese di sopravvivenza uno spiccato movimento di maneggio. Viene sacrificato dopo 70 giorni dall'operazione, e l'autopsia mostra che l'ipofisi non era stata toccata e che la lesione riguardava il peduncolo cerebrale sinistro.

Esperienze XX-XXIII. — Riguardano tre gatti ed un cane, morti tutti di shok. In due l'operazione era riuscita, di uno non fu fatta l'autopsia, nell'ultimo l'ipofisi era illesa.

Esperienza XXIV. — Gatto di grammi 3300. Dopo l'operazione non mostra alcun disturbo ad eccezione della cecità dell'occhio destro. Muore dopo 30 giorni dall'operazione senza causa apprezzabile. Pesa grammi 3100. L'ipofisi non era stata lesa, lo strumento essendo caduto avanti la sella turcica.

Esperienza XXV. — Gatto di grammi 3330. Operato il 25 settembre, l'animale dopo l'operazione resta apatico, non mangia, non beve. Muore dopo 4 giorni, e all'autopsia si trova l'ipofisi ridotta in poltiglia in via di assorbimento.

Esperienza XXVI. — Gatto di grammi 2650. Anche questo gatto morì dopo 6 giorni presentando gli stessi sintomi del precedente. Operazione riuscita.

Esperienza XXVII. — Gatto di grammi 2600. Operato il 26 settembre.

28 settembre. — L'animale sta abbastanza bene, beve molto latte; nei giorni seguenti lo stato generale ritorna del tutto normale. È cieco dell'occhio destro. Muore l'8 novembre senza causa apprezzabile. All'autopsia si riscontra che l'ipofisi è stata lesa in parte.

Esperienze XXVIII-XXIX. — Riguardano due gatti morti di shok. L'ipofisi si trova in entrambi schiacciata.

Esperienze XXX-XXXIV. — Di questi animali (quattro gatti e un cane) operati, tre morirono di shok, uno per il cloroformio, uno scappò dal canile dopo pochi giorni dall'operazione. In due l'operazione era riuscita, degli altri tre non si fece l'autopsia.

Esperienza XXXV. — Cane di grammi 8400. Operato d'ipofisi il 5 ottobre.

6 ottobre. — L'animale cammina, mangia dei pezzetti di carne di cavallo e beve il latte.

10 ottobre. — L'animale si mostra apatico.

19 ottobre. — Pesa grammi 8150. L'occhio destro è cieco. Stato generale buono.

27 novembre. — Viene sacrificato. Pesa grammi 8200. All'autopsia si trova assente l'ipofisi.

Esperienza XXXVI. — Gatto di grammi 2500. Morto di shok dopo l'operazione. Ipofisi spappolata.

Esperienza XXXVII. — Piccolo cane di grammi 4000. Operato il 6 ottobre. Si rimette presto dal trauma operatorio, ha forte congiuntivite in ambo gli occhi. Nei giorni seguenti si constata l'opacamento della cornea e uno stato generale dell'animale poco buono. Muore il 17 ottobre. Pesa grammi 3400. L'ipofisi era in gran parte assorbita.

Esperienza XXXVIII. — Cagna di grammi 4250. Morta dopo 5 giorni dall'operazione. All'autopsia si trovano grossi coaguli alla base del cervello e l'ipofisi in via di assorbimento.

Esperienze XXXIX-XLI. — Riguardano due gatti e un piccolo cane morti nelle 48 ore successive all'operazione che era riuscita allo scopo prefisso.

Esperienza XLII.

12 ottobre. — Si opera un gatto di grammi 2400. L'indomani esso sta bene, miagola chiedendo da mangiare. Viene contentato subito dandogli della carne e del latte.

30 ottobre. — L'animale continua a star bene e non ha perduto in peso. La funzione visiva è normale.

17 novembre. — Viene sacrificato. L'ipofisi più non esiste.

Esperienze XLIII-XLV. — Tre gatti di cui uno morì durante l'operazione. Degli altri due il primo morì di meningite dopo 4 giorni, il secondo di shok dopo 48 ore. In questi due ultimi l'operazione era riuscita.

Esperienza XLVI. — Gatto di grammi 2750, operato il 17 ottobre. Muore dopo 8 giorni. L'ipofisi era in via di riassorbimento.

Esperienze XLVII-XLIX. — Riguardano tre gatti dei quali il primo morì dopo 9 giorni, il secondo dopo 3 giorni ed il terzo dopo 16 giorni. Il primo ed il terzo morirono d'infezione; nel primo l'ipofisi non era stata lesa, nel terzo era quasi tutta riassorbita. L'operazione era riuscita anche nel secondo.

Prima di dedurre dai risultati della nostra serie abbastanza lunga di esperienze le conclusioni generali riguardanti la funzione dell'ipofisi, faremo alcune osservazioni sui fenomeni che presentarono gli animali operati, per poi metterli in rapporto colla lesione riscontrata all'autopsia.

Gli animali operati furono 49; in 5 di essi non venne fatta l'autopsia, nei rimanenti 44, l'operazione non riuscì 16 volte, comprendendo in questo numero 5 animali in cui l'ipofisi venne lesa parzialmente. L'ipofisi quindi venne completamente spappolata in 28 animali su 44 operati, ciò che ci dà un rapporto del 63 %.

Questa prima osservazione dimostra che il metodo operativo da noi seguìto è riescito allo scopo prefissoci. Tra gli operati però, soli 9 sopravvissero per più di 20 giorni. In tutti questi animali, lo strumento era penetrato fino alla base del cervello, perforando il corpo calloso e mettendo in comunicazione per mezzo di una larga via il terzo ventricolo colla base del cervello. Questa seconda osservazione prova quindi che la lesione dell'infundibulo è compatibile con la vita, e che, per il solo fatto dell'apertura di esso, non avvengono fatti di compressione tali da mettere in pericolo la vita dell'animale. Con molta probabilità però, questa via attraverso l'infundibulo viene ben presto ad essere chiusa da coaguli e dopo da tessuto di neoformazione. Non possiamo perciò stabilire quali disturbi produca l'immissione continuata di liquido cefalo-rachidiano nella base del cervello.

L'operazione da noi eseguita però deve necessariamente considerarsi come una delle più gravi operazioni cerebrali. Si va incontro infatti facendola, a tutti gli inconvenienti che presentano simili operazioni e non c'è quindi nulla di straordinario se moltissimi animali da noi operati morirono di shok o di emorragie cerebrali o di infezione. Certamente l'altro metodo operatorio, quello orale, non si è mostrato migliore del nostro! I risultati quindi ottenuti ci sembrano degni di interesse, e il

fatto che tra i nostri animali operati sopravvissuti per più di 20 giorni, l'autopsia in quattro ci dimostrò che l'ipofisi più non esisteva, contraddice la teoria emessa da quelli che ci hanno preceduto in questo argomento, cioè che quest'organo sia dotato di una funzione talmente importante, da portare alla morte l'animale. Tenendo poi presente che l'operazione tanto col metodo orale, che con quello sopracranico è di una gravità eccezionale, a noi pare che l'essere riusciti a tenere in vita degli animali senza ipofisi, valga più, per illuminarci sulla funzione di questa glandula, di tutte le altre esperienze nelle quali la causa della morte degli animali, avvenuta dopo pochi giorni dall'operazione, può non dipendere da cachessia ipofisaria.

Ben altre osservazioni possiamo ancora fare, qualora esaminiamo molto minutamente i fenomeni che presentarono gli animali che sopravvissero lungamente alla operazione.

Rileggendo infatti il diario del cane n. 2, e comparandolo con quello notato al numero tre della serie, si resta sorpresi dell'antitesi che si osserva nei sintomi che susseguirono l'operazione. Mentre nel n. 3 la sintomatologia somigliava a quella osservata da Vassale e Sacchi, nel n. 2 invece lo stato generale organico e psichico, riottenuto presto dopo l'operazione, faceva all'osservatore spassionato pensare che la ipofisi non doveva essere stata lesa. L'autopsia però ci mostrò che eravamo in errore, inquantochè essa ci rilevò che, mentre nel primo l'ipofisi era rimasta integra, nel secondo mancava completamente. A ciò aggiungiamo un altro fatto, che abbiamo dimenticato di notare nella descrizione del diario. Caselli osservò che nei cani ipofisectomizzati, le urine hanno un peso specifico basso che sta in rapporto con la polidipsia in cui vanno incontro. Ebbene, questo fatto noi osservammo parimenti nel cane n. 3, le cui urine avevano il peso specifico di 1003, mentre in quelle del cane n. 2, esso arrivava a 1012. Tutte e due poi aumentarono di peso e la morte del canetto n. 3, avvenuta dopo 50 giorni dall'operazione, fu estranea a questa, perchè causata dall'enterite dimostrata alla autopsia.

Nè meno degno di nota è il cane n. 9, il quale non presentò alcun sintoma di quelli attribuiti all'asportazione dell'ipofisi, e che morì per morte accidentale, dopo 7 giorni dall'operazione, quando già aveva riacquistato il peso perduto. Sintomi poco importanti invece notammo nel cane n. 14, con operazione ben riuscita: le urine di questo cane avevano un peso specifico basso (1004), il peso di esso non tornò mai a quello primitivo e lo stato psichico si mostrò un po' depresso. La sopravvivenza però lunghissima di 86 giorni dell'animale, che venne sacrificato, non lascia dubbio che esso non possa essere utilizzato in favore delle dottrine finora ammesse sull'ipofisi.

Fenomeni invece registrati come dovuti all'ipofisisectomia si riscontrarono nel gatto n. 17 in cui l'operazione non riuscì, nè d'altra parte la morte dei gatti n. 25 e 26 avvenuta dopo quattro giorni nel primo e dopo sei giorni nel secondo, può attribuirsi alla perduta funzione ipofisaria, quando gli altri casi ci dimostrano il contrario. Probabilmente qui la morte deve riferirsi a cause infettive o a shok tardivo. Medesimamente ci rimase oscura la causa di morte del gatto n. 27, in cui l'ipofisi era stata lesa in parte.

Se poi mettiamo a profitto i sintomi osservati con la parte lesa della base del cervello, molti nuovi fatti si possono dimostrare. Le lesioni infatti nella parte late-

rale della sella turcica non dànno sintomi imponenti (cane n. 17) a meno che non era stato leso il peduncolo (cane n. 19); se invece il ferro cadeva nella parte anteriore della sella, unica conseguenza era la cecità (cane n. 24).

I fenomeni invece descritti da Vassale e Sacchi e da Caselli sono stati in parte da noi riscontrati nei cani in cui la lesione riguardava l'ipofisi e le parti situate posteriormente ad essa. In questi cani spesso osservammo che gli animali andavano incontro a congiuntiviti gravi, complicate spesso ad opacamento della cornea. Nei cani in cui si trovò l'ipofisi assente e che in vita avevano mostrato la cecità di un occhio, le lesioni si possono benissimo spiegare con la caduta, un po' in avanti della sella, del cucchiaio, il quale così offendeva il chiasma ed il nervo ottico. Tali fatti si osservarono nei cani segnati coi nn. 9, 27 e 35. Nel cane che porta il n. 3 invece i fenomeni complessi senza contemporanea lesione dell'ipofisi, erano dovuti forse al fatto che il cucchiaino fu portato tanto in avanti che dietro la sella turcica senza penetrare in essa per la poca pratica ancora della mano che operava. Quando finalmente, si è riusciti a far penetrare il cucchiaino direttamente nella sella turcica non sí sono riscontrati fenomeni di nessun genere. Questo fatto è dimostrato all'evidenza nei cani 2, 14 e 42.

Concludendo quindi diremo che dalla nostra serie risulta che siamo riusciti a tenere in vita cinque animali i quali hanno sopravvissuto molto tempo all'operazione che li aveva privati dell'ipofisi. Questi animali sono quelli segnati col n. 2 (morto di enterite dopo cinquanta giorni), col n. 9 (morto dopo 9 giorni per cause accidentali), col n. 14 (sacrificato dopo 86 giorni), col n. 35 (sacrificato dopo 55 giorni), e col n. 42 (sacrificato dopo 46 giorni). Crediamo quindi che queste esperienze siano sufficienti a dimostrare che *l'ipofisi non abbia una funzione tale, la cui abolizione porti come conseguenza gravi disturbi all'organismo, o la morte dell'animale.*

I fenomeni riscontrati dagli autori che ci hanno preceduto devono forse attribuirsi a lesioni contemporanee delle parti della base del cervello situate nella parte posteriore al di là della sella turcica e non, come ultimamente Friedmann e Maass sostengono, all'asfissia prodotta dalla paralisi dell'arcata palatina.

I cani che sopravvissero lungamente all'operazione dell'ipofisectomia sono stati da noi utilizzati per riprovare su di essi i fenomeni riguardanti la pressione sanguigna illustrati con una quantità enorme di tracciati dal Cyon. Dalle numerose pubblicazioni di questo illustre fisiologo risulta che egli, pur accettando le conclusioni emesse da Vassale e Sacchi sulla funzione della ipofisi, forse suggestionato dalla teoria che attribuisce alla tiroide una funzione meccanica regolatrice dell'afflusso sanguigno verso il cranio, sostiene che l'ipofisi sia un organo sussidiario della tiroide, inquantochè esso aiuta sia meccanicamente che clinicamente la funzione di questa in rapporto alla funzione sanguigna del cranio.

Cyon trae queste deduzioni dalle seguenti esperienze: egli ha visto che le iniezioni endovenose di estratti ipofisari producono, sia rallentamento, sia aumento delle pulsazioni cardiache e costante elevazione della pressione cardiaca. Eguali fenomeni otteneva eccitando meccanimente o per mezzo dell'elettricità, l'ipofisi cerebrale. Le

esperienze però che più provano la teoria di Cyon, sono quelle le quali dimostrano che l'ipofisi sia un organo destinato a risentire le oscillazioni della pressione endocranica e a trasmetterle ai centri bulbari del vago. Secondo Cyon, quando si aumenta la pressione sanguigna, i nuclei del vago non vengono eccitati direttamente, ma risentono quest'azione in via indiretta per mezzo dell' ipofisi del cervello. Dimodochè in un animale in cui è stata fatta l'ipofisectomia, i centri bulbari del vago devono manifestarsi ineccitabili. Cyon, comprimendo infatti l'aorta addominale negli animali ai quali aveva prima distrutto l'ipofisi, osservò che invece del noto rallentamento delle pulsazioni cardiache, otteneva sempre un tracciato il quale mostrava che queste aumentavano. Simili fenomeni otteneva eccitando il vago direttamente con stimolazioni portate sul primo e sul quinto paio.

Queste esperienze furono da Cyon eseguite sui conigli, e i risultati descritti riguardanti la pressione erano ottenuti e registrati contemporaneamente in coincidenza dell'asportazione dell'ipofisi. Ma questo A. non pare che abbia fatto sopravvivere gli animali all'operazione, la quale veniva da lui eseguita attraverso la via boccale in modo molto radicale, disarticolando la mandibola inferiore per avere un maggior campo operatorio. Nei cani queste esperienze non riuscirono, e Cyon ne incolpa il fatto che i cani di Berna sui quali egli sperimentò, erano ammalati di struma e presentavano l'ipofisi atrofica.

Gli eccitamenti elettrici dell'ipofisi furono ripetuti da Caselli, il quale trovò dei fatti che non sono d'accordo con quelli descritti da Cyon. Caselli vide che il rallentamento del circolo si ottiene coll'eccitazione elettrica della pituitaria, ma i medesimi fatti anche più intensi osservò eccitando le parti limitrofe di essa, onde egli crede che la causa di questi fenomeni debba ricercarsi in un eccitamento del vago provocato per mezzo della continuità dei tessuti, e non per un'azione propria dell'ipofisi eccitata. Il fatto poi che nell'ipofisi non esistono elementi nervosi di struttura tanto elevata da esercitare la funzione di centro eccitatore del vago, e che l'effetto dell'eccitazione si fa più intensa quanto più ci avviciniamo al centro stesso, costituisce per Caselli la conferma della sua tesi.

Gaglio ripetè sulle rane a cui aveva asportata l'ipofisi da poco tempo o da più giorni o settimane, le esperienze di Cyon, e vide che i centri bulbari di questi animali operati si presentavano così bene eccitabili agli aumenti della pressione sanguigna, quanto quelli delle rane normali. Egli per aumentare la pressione sanguigna, legava come Cyon aveva fatto, l'aorta addominale, ed allo scopo di controllare l'altra teoria di questo autore, che attribuisce all'ipofisi la funzione secretiva di una sostanza che dà tonicità ai nervi regolatori del cuore ed ai nervi vaso-motori, ha eseguito un'altra serie di esperienze per vedere se in seguito all'asportazione dell'ipofisi si possa constatare una diminuzione dell'eccitabilità bulbare del vago. A tal'uopo Gaglio avvelenava con la stricnina delle rane normali e delle rane mancanti dell'ipofisi, e in tutte egli osservò durante gli accessi convulsivi un rallentamento e un arresto per qualche secondo del battito del cuore, la qual cosa prova che la stricnina eccitava egualmente bene le origini bulbari del vago tanto nelle rane normali che in quelle che avevano subito l'asportazione dell'ipofisi.

Le teorie quindi di Cyon non trovano conferma nelle esperienze di Caselli e di Gaglio. Considerando però che quelle di Caselli riguardano gli effetti che si otten-

gono sulla pressione sanguigna dopo l'eccitazione elettrica dell'ipofisi, e che quelle di Gaglio sono state eseguite sulle rane, ci è sembrato utile determinare se negli animali da noi operati e sopravvissuti per molto tempo all'operazione, la compressione dell'aorta addominale producesse un rallentamento o un aumento nelle pulsazioni cardiache. Con ciò ci proponevamo di determinare se l'effetto pressorio notato dal Cyon, subito dopo l'asportazione dell'ipofisi, fosse un fenomeno duraturo.

Oltre gli effetti dovuti alla compressione dell'aorta addominale, abbiamo sui nostri animali prodotto l'eccitazione del primo e del quinto paio applicando l'ammoniaca sulla mucosa nasale, e abbiamo anche ripetuta l'esperienza fatta dal Gaglio avvelenando i cani operati con la stricnina, mentre con un manometro in comunicazione con la carotide si prendeva la pressione, che su un cilindro girante veniva scritta da una penna innestata ad un galleggiante immerso nel mercurio del manometro. Gli animali, nei quali abbiamo preso la pressione sono quelli segnati coi numeri 3, 4, 17, 19, 35 e 42. Di questi cani e gatti in tre si riscontrò che l'ipofisi era stata lesa, negli altri tre invece l'operazione non era riuscita. Ebbene, confrontando i tracciati tanto degli uni che degli altri, si trovò che tanto la compressione dell'aorta addominale, quanto gli eccitamenti olfattivi ottenuti con l'iniezione di stricnina, producevano i medesimi effetti. Dai tracciati quindi noi non abbiamo potuto ricavare alcun fatto che stesse ad indicarci se nell'animale sottoposto all'esperienza funzionasse o no l'organo dell'ipofisi. Dobbiamo in conseguenza concludere che i fenomeni trovati da Cyon sui quali egli basa la sua teoria sulla funzione dell'ipofisi devono probabilmente dipendere da cause traumatiche, ed escludere che l'ipofisi regoli la pressione endocranica.

Per il complesso quindi dei risultati ottenuti, l'ipofisi deve ritenersi un organo che non ha importanza funzionale nè generale nè speciale. I fenomeni, osservati dagli AA. dopo l'ipofisoctomia, probabilmente devono attribuirsi come dipendenti da lesioni di parti vicine all'ipofisi o ad infezioni cerebrali più o meno acute. In appoggio alle nostre conclusioni citiamo le ricerche anatomiche di Rossi (1) e Corning (2) i quali hanno dimostrato l'origine ectodermica dell'ipofisi che era stata negata da altri anatomici.

XII.

Gli studi sulla funzione dell'ipofisi dal 1901 al 1909.

La quasi contemporanea pubblicazione dei lavori di Gaglio, di Friedmann e Maass e di quello nostro, i quali tutti concludevano sostenendo che l'ipofisi non è un organo di vitale importanza, se da una parte impressionò non poco gli autori che si erano occupati di questo argomento, spingendoli alla difesa delle loro teorie, dall'altra eccitò gli studiosi ad occuparsi della questione, per stabilire con altre esperienze la funzione di questa glandula.

(1) Rossi, Lo Sperimentale. 1900,
(2) Corning, Morphologische Jahrbuch, 27, 1897.

E infatti i lavori di questi ultimi anni che riguardano l'ipofisi sono numerosissimi. Essa fu studiata sia dal lato anatomico che da quello fisiologico e patologico. Nessun mezzo si lasciò intentato, ma spesso le deduzioni che si trassero dalle esperienze, non sono state in corrispondenza dei fatti trovati.

In questo capitolo abbiamo creduto conveniente di vagliare queste ultime e numerose pubblicazioni, e nello stesso tempo di difenderci dalle critiche che anch'esse numerose, sono state fatte alle nostre ricerche.

Il primo che si occupò del nostro lavoro fu il Vassale (1) nella sua ultima pubblicazione che porta il titolo: *L'ipofisi nel mixoedema e nell'acromegalia.* Egli, dopo aver riportato un caso di mixedema, risostiene che *l'idea di vicarietà di funzione tra l'ipofisi e la tiroide è assolutamente da rigettarsi,* pur ammettendo che l'ipofisi nel perturbato metabolismo per abolita funzione tiroidea è per proprio conto costretta ad un maggiore lavoro funzionale, senza per nulla sostituire la funzione mancante della tiroide, e senza così impedire il fatale e progressivo quadro morboso del mixedema. Dopo ciò, l'A. mette in rilievo la frequente ipertrofia dell'ipofisi nel campo patologico per alterato ricambio; ed il rapporto numerico delle singole specie cioè a dire dei singoli stadi funzionali delle cellule ipofisarie nelle diverse età e in diverse condizioni patologiche (le cellule cromofile sarebbero, secondo l'osservazione di Benda (2), più numerose negli individui giovani che nei vecchi) nell'uomo, e secondo l'osservazione Vassale nel cane, sarebbe una prova dell'alta dignità funzionale dell'ipofisi, la cui funzione specifica risulta dalle ricerche dell'A. e da Sacchi eseguite. Il Vassale quindi, al pari di tanti altri che si sono occupati dopo di lui dell'ipofisi, ammette che i cambiamenti istologici delle cellule glandulari indicano stadi funzionali diversi, ma come avremo occasione di vedere dopo, nessuno è autorizzato da ciò a dedurre conclusioni sulla qualità e sulla funzione che ha il secreto di queste cellule. È possibile che esse segreghino, ma nulla sappiamo cosa esse segregano, e che funzione ha il loro secreto. Dimodochè, dai cambiamenti istologici che subiscono per varie cause le cellule ipofisarie non si può in nessun modo dedurre argomenti in sostegno della teoria che l'ipofisi sia un organo necessario alla vita e che la sua secrezione sia di indole antitossica. Vassale, giovandosi delle suddette ricerche istologiche, passa alla critica dei lavori che contraddicono la sua teoria. Ecco come egli si esprime: « Ultimamente Friedmann e Maass, Lo Monaco e van Rynberk (tralascia di citare Gaglio, forse perchè questi operò sulle rane e sulle tartarughe) fecero nel gatto e nel cane una serie di esperimenti di estirpazione dell'ipofisi, ed avendo veduto sopravvivere alcuni animali, vennero ad una conclusione opposta alla nostra. Per questi AA. l'ipofisi non sarebbe un organo di vitale importanza ». Riservandosi poi di riprendere le ricerche sull'argomento dopo la costruzione del suo nuovo laboratorio, sostiene che quelle dei su citati autori per la critica di cui sono suscettibili, non sono tali da farlo muovere dall'opinione che si è formata intorno all'importanza vitale della glandula ipofisaria. Rivendica quindi la priorità del metodo adoperato da

(1) Vassale, Rivista Sperimentale di Freniatria, XXVIII, 1902, 25-34.

(2) Benda, Verhand. der Physiol. Gesellsch. zu Berlin, 1899-1900; Arch. f. Anat. und Phys., 1900; Neurol. Centralbl., 1901, pag. 140 e 1902, pag. 223.

Friedmann e Maass, notando che poco o nulla differisce da quello adoperato da lui, e difendendo anche l'uso del termo-cauterio e dell'acido cromico, mezzi adoperati da lui per l'estirpazione dell'ipofisi, mentre gli autori tedeschi l'asportavano con una sgorbia.

In verità di questo o di simili strumenti si sono serviti tutti quelli che dopo il Vassale hanno lavorato sull'ipofisi, e ci sembra quindi esagerata la difesa che egli fa dei mezzi impiegati per distruggere la glandula (termocauterio e acido cromico), il quale ultimo poi, insieme a tutti gli altri liquidi necrotizzanti e irritanti della sostanza cerebrale, è stato ormai abbandonato, a causa del diffondersi di esso nelle parti vicine del cervello, diffusione che in nessun modo si può misurare.

Esaminando poi i protocolli delle esperienze fatte dagli autori tedeschi, nota come fra tutti i gatti operati in numero di 15 uno solo sopravvisse tre mesi e mezzo alla operazione. Passato questo periodo, quest'animale fu ucciso, e all'autopsia si trovò che l'ipofisi era stata completamente estirpata. Secondo il Vassale questa esperienza non è sufficiente per dichiarare l'ipofisi un organo non importante per la vita. Egli ritiene che gli autori non erano autorizzati a togliere valore ad altre sei esperienze riguardanti animali che sopravvissero pochi giorni all'operazione, e dei quali rimase oscura la causa della morte, e che avrebbero dovuto sezionare in serie tutto il tessuto cicatriziale corrispondente alla breccia ossea ed al punto dove ha sede la ghiandula nel gatto che essi uccisero dopo tre mesi dall'operazione. Col metodo adoperato dagli autori, dice il Vassale, qualche frammento dell'ipofisi può restare *in sito* in mezzo al coagulo nella breccia ossea ed attecchire e seguitare a vivere ed a funzionare. In verità a noi sembra che la critica mossa dal Vassale si possa benissimo anche faro alle sue esperienze.

Nei precedenti capitoli noi abbiamo visto come tutti i cani operati di asportazione delle più diverse parti del sistema nervoso centrale muoiano in un tempo che varia moltissimo, senza cause apprezzabili. Poichè l'asportazione dell'ipofisi in qualsiasi modo essa venga compiuta, deve sempre ritenersi come un'operazione della quale deve risentirsi la massa encefalica, la causa della morte degli animali operati non può da noi essere spiegata facilmente. Si deve però escludere che essa sia avvenuta per l'assenza dell'ipofisi, molto più se si vuol ritenere che questa glandula debba considerarsi come simile alla tiroide e alle capsule surrenali. Anche se non si fosse riusciti a fare sopravvivere dei cani all'operazione dell'ipofisi, basterebbe infatti lo esame attento della sintomatologia osservata dagli autori, che vollero sostenere la necessità per la vita della presenza dell'ipofisi, per escludere che essa sia una glandula a funzione antitossica. D'altra parte nella stessa maniera come il Vassale dice che gli animali sopravvissuti all'operazione d'ipofisi dovevano considerarsi come animali sani, inquantochè, secondo lui qualche frammento d'ipofisi era rimasto a funzionare; anche noi possiamo sostenere che gli animali da lui operati siano morti per tutt'altra causa che quella dell'assenza completa dell'ipofisi, non avendo egli mai fatto quello che volle imporre agli altri, cioè la ricerca istologica seriale di tutto il tessuto cicatriziale corrispondente alla breccia ossea ed al punto dove ha sede la ghiandola che era stata asportata. Nè d'altra parte si poteva ritenere come dimostrato, quanto scriveva il Vassale sull'attecchimento di piccole parti d'ipofisi nella

regione dell'operazione. Come vedremo, alcuni autori, che, dopo del Vassale si sono occupati di questo argomento, hanno descritto piccole quantità di cellule ipofisarie normali in mezzo al tessuto cicatriziale della regione dell'operazione, ma nessuno ha dimostrato che tali parti enormemente infinitesimali possano impedire la morte dell'animale supplendo alla funzione dell'organo asportato. Anche in ciò evidentemente le deduzioni non sono esatte.

Il Vassale nella succitata pubblicazione continua, dopo quello che abbiamo detto, a fare la critica del metodo da noi adoperato. Egli comincia coll'asserire che il nostro metodo è analogo a quello del Gley. È vero che questo aggettivo è stato anche da noi adoperato, però, come abbiamo detto, il Gley penetrava attraverso la corteccia cerebrale senza servirsi di ritrovi topografici, e ledendo perciò, ogni volta che operava, organi cerebrali più o meno importanti e producendo facilmente emorragie letali. Il fatto poi che lo stesso Gley ritenne non idoneo allo scopo il suo metodo operatorio, mostra quanto esso doveva essere disastroso e quanto differente dal nostro, il quale ci ha permesso di potere non solo eseguir bene l'estirpazione completa, ma di potere studiare le alterazioni postoperatorie. Inoltre il Vassale sostiene che nel modo col quale noi operavamo, potevano rimanere frammenti di ipofisi funzionanti, che avremmo trovato se avessimo sezionato in serie tutto il tessuto neoformatosi nella sella turcica, cosa che nè lui, nè Friedmann e Maass, nè tutti gli altri che si affrettarono a confermare la teoria del Vassale, hanno fatto.

D'altra parte Vassale e Sacchi erano di avviso che la distruzione, anche di una metà d'ipofisi basta, dopo un più o meno lungo periodo di tempo, per condurre l'animale alla morte, la quale è preceduta da sintomi caratteristici di cachessia. Ciò basterebbe per respingere la critica di Vassale con le stesse sue proprie opinioni, ma possiamo aggiungere qualche altro argomento in difesa del nostro lavoro.

Certamente il metodo da noi adoperato è un metodo cieco, ma nessuno può negare che, in paragone a quello orale, si presta meglio ad evitare l'infezione.

A questo solo scopo noi lo abbiamo ideato. La lettura della Memoria del compianto Caselli riguardante l'ipofisi fu infatti quella che ci spinse al tentativo di studiare la funzione dell'ipofisi, ledendola dalla parte superiore del cervello. I protocolli segnati da Caselli messi in paragone a quelli di Vassale e Sacchi erano così differenti tra loro, che sorgeva subito il dubbio che alcuni di quei fenomeni fossero dipendenti dalla infezione difficilmente evitabile con l'apertura del palato. Occorreva quindi levare questo fattore che certamente, secondo noi, oscurava la sintomatologia della presunta cachessia ipofisaria. Ed il nostro metodo era perciò il più indicato, Noi quindi cominciammo ad operare nel modo più obbiettivo, e mai avremmo potuto immaginare che, evitata la causa d'infezione, i cani sopravvivessero all'asportazione dell'ipofisi. Il Vassale aggiunge che al suo metodo sarebbe preferibile quello sopracranico da noi eseguito, se si riuscisse a costruire uno strumento che permettesse dall'alto attraverso il corpo calloso e l'infundibulo, l'estrazione dell'ipofisi. Ma con lo spappolamento, egli dice, l'esperienza può ridursi ad un'esperienza di trapiantamento di tessuto ipofisario nella cavità cranica. La cavità cranica, egli continua, come ambiente naturale dovrebbe essere il luogo più adatto all'attecchimento degli innesti ipofisari, che l'A. si proponeva di fare, mettendo la glandula sotto la dura madre, ma

che poi non ha più fatto. Altri però hanno eseguiti questi innesti sempre con esito negativo, la qual cosa ci fa ritenere come questo attecchimento non è poi tanto facile come ritiene il Vassale. D'altra parte, pur ammettendo che nei nostri cani operati fosse rimasto funzionante qualche piccola parte della glandula, ci fa meraviglia come nel primo periodo di sopravvivenza dopo l'operazione, l'organismo mostra di non avvertire questa lesione, non presentando alcun sintomo che anche lentamente ci faccia pensare alla funzione antitossica dell'organo. Quest'assenza completa di sintomi ci induce a credere che l'ipofisi non sia un organo necessario alla vita. Perchè una glandula possa ritenersi a funzione antitossica e necessaria alla vita, deve, secondo noi, in base a quello che sempre osserviamo nelle asportazioni delle tiroidi, delle capsule surrenali e di altre glandule, produrre sull'animale operato un complesso di sintomi sempre uguale che faccia pensare ad una causa che agisca in modo continuo, finchè non produca la morte. Invece per le operazioni d'ipofisi si è voluto sostenere che tanti cani operati che morirono senza cause apprezzabili e senza presentare alcun sintomo, siano morti di cachessia ipofisaria. Secondo noi, in tali casi non si può attribuire la morte all'assenza dell'ipofisi, del resto non dimostrata dall'esame istologico che Vassale ingiunge agli altri di fare, ma che mai fece nei cani da lui operati.

Ma sulla critica mossa al nostro lavoro avremo occasione di ritornare. Rimandando alla fine del capitolo tutto quanto riguarda la teoria del Cyon, per ora ci interessa di riferire brevemente, in ordine di data, i lavori principali pubblicati in questi ultimi anni sulla funzione dell'ipofisi.

Nel 1903 due lavori specialmente attirano la nostra attenzione: uno è quello di Perrone, e l'altro è quello di Narbut.

Pirrone D. (1), nel riferire la storia dell'ipofisi attribuisce erroneamente a Gaglio la dimostrazione che la mancanza dell'ipofisi nella rana produca dopo due o tre giorni la morte con fenomeni paralitici. In verità, come abbiamo riferito nel precedente capitolo, Gaglio ha concluso che l'ipofisi non è un organo di vitale importanza nè per le rane, nè per i rospi, nè per le tartarughe. L'autore critica tutti i metodi operatori fino allora adoperati, e descrive il proprio che rammenta uno di quelli già tentati ed abbandonati dal Caselli. Questo metodo che all'autore pare semplice, a noi sembra di grande difficoltà e molto più complicato di quello del Vassale. Basta considerare che l'autore arriva all'ipofisi facendo un'incisione rettilinea secondo la direzione dell'arcata zigomatica, per poter capire quanti organi egli deve ledere per arrivare alla base del cervello.

Certamente, i risultati ottenuti da lui sono straordinari, inquantochè Pirrone è riuscito a far sopravvivere 11 cani dopo quella disastrosa operazione. Questo numero è notevole sia in modo assoluto, sia per la percentuale che esso rappresenta. È vero che per quelli operati di ipofisectomia totale, l'autore non ci dice su quanti animali lavorò, ma se la proporzione di questi è uguale a quella degli altri operati di ipofisectomia parziale nei quali si ebbe il 75 $^0/_0$ di sopravvivenza, è veramente dispiacente che questo metodo non sia stato mai più utilizzato.

I cani da Pirrone operati d'ipofisectomia totale morirono dopo 8-14 giorni pre-

(1) Pirrone D., Riforma medica, 1903, 175 e 205-209.

sentando disturbi di motilità, forti abbattimenti e depressione psichica, dimagramento rapido, cachessia e morte. Tutti gli altri sintomi osservati sarebbero dovuti al trauma operatorio. In tutti i cani operati e morti dopo l'ipofisectomia totale sono stati fatti gli esami batteriologici del liquido ventricolare, della sostanza cerebrale, del sangue ecc. e sono riusciti sempre negativi. Mai però sono stati fatti gli esami istologici nel modo indicato da Vassale. Non sappiamo quindi se l'ipofisi era stata completamente asportata o se qualche *blocchetto* di cellule ipofisarie sia rimasto a funzionare e d'altra parte i sintomi riscontrati, possono benissimo spiegarsi come sintomi d'infezione o di shok tardivo, come ha sostenuto dopo Dalla Vedova.

Narbut [1] conclude molto differentemente da Pirrone. Egli dice che l'ipofisi ha nell'organismo funzioni ben determinate, e la sua funzione è molto più importante per gli animali in via di sviluppo che per gli adulti. Le lesioni dell'ipofisi provocano uno stato psichico depressivo, la diminuzione del peso del corpo, e differenti disturbi nella sfera motrice e sensitiva. L'ablazione totale dell'ipofisi porta negli animali in sviluppo la morte imminente, mentre che gli animali adulti sopravvivono, probabilmente per la supplenza della glandula tiroide, il cui funzionamento diventa allora più attivo. La perdita del peso del corpo dell'animale è in ragione diretta con il grado di distruzione dell'ipofisi e in ragione inversa coll'età dell'animale. L'estirpazione dell'ipofisi determina inoltre l'eliminazione esagerata del fosforo e dell'azoto ecc., non influenza la circolazione generale. Le iniezioni di ipofisina non hanno alcuna azione sulla circolazione cerebrale. È da supporre che l'infantilismo è legato alla soppressione precoce della funzione dell'ipofisi. Essa non è nell'uomo allo stato rudimentale.

Disgraziatamente non siamo riusciti a procurarci questo lavoro pubblicato in lingua russa, limitandoci a riportare questo riassunto preso dal Journal de Physiologie et de Pathologie générale. Non possiamo quindi farne una critica minuziosa. Soltanto notiamo che a questo A. sono sopravvissuti gli animali adulti, la qual cosa sarebbe una conferma del nostro lavoro, conferma che come vedremo non è rimasta scompagnata.

Fra i lavori pubblicati nel 1904 merita di essere prima considerato quello di Dalla Vedova, il quale fu il primo che fece le ricerche istologiche della regione dove sta l'ipofisi — per evitare così la critica fatta a noi da Vassale.

Il Dalla Vedova pubblicò sull'argomento due Note, fra loro contraddicentisi. Nella prima infatti egli conclude, sebbene con qualche riserva, per la non vitale necessità dell'ipofisi, mentre nella seconda finisce sostenendo la teoria di Vassale.

Nella prima Nota [2] l'A. riporta la letteratura, e parlando del nostro lavoro, accenna alla critica fatta dal Cyon, il quale basandosi sul fatto che a Berna aveva trovato dei cani con ipofisi atrofica, si domanda che col nostro metodo si può dubitare se l'ipofisi avesse esistito prima dell'operazione. La critica del Cyon è per lo meno molto strana, poichè l'assenza o l'atrofia dell'ipofisi nei cani mai è stata notata ad eccezione di lui e per i soli cani di Berna.

[1] Narbut, Il medico russo, 1903, 1716.
[2] Dalla Vedova, Boll. R. Accad. Med. di Roma, XXIX, fasc. IV, 1903.

Tale scoperta merita in verità di essere ancora controllata e confermata, poichè il trovare animali senza ipofisi, porterebbe come conseguenza di farla ritenere non necessaria alla vita, o per lo meno con funzione che può essere assunta da altro organo. Ma disgraziatamente cani senza ipofisi mai sono stati osservati nè a Roma, nè in altri posti, e di ciò può essere testimone il Dalla Vedova che ha operato nella medesima città. I cani operati da questo A. sono stati 25. Di essi 17 morirono per infezione e per emorragia, 4 per cause non precisabili, 2 furono uccisi e 2 erano ancora vivi quando venne pubblicato il lavoro. La forte percentuale dei morti per infezione, mostra quanto essa sia difficile ad evitarsi, quando si aggredisce l'ipofisi dalla via orale. Il decorso del processo infettivo come dice Dalla Vedova, può essere abbastanza lungo (più di 15 giorni) e può essere mascherato da un apparente benessere comprovato dall'aumento del peso dell'animale operato. In questi casi, i cani spesse volte presentano, come dice l'autore, sintomi motori convulsivi che trovano la spiegazione nella infiammazione della meninge. Il Dalla Vedova infine si trattiene a parlare di qualche cane sopravvissuto all'operazione per un periodo di tempo variabile tra i 20-29 giorni. Questi cani presentarono un lungo periodo di completo benessere che si protrasse fino a due o tre giorni prima della morte, ma, come nota l'A., in questi cani nessun fatto fu mai notato che ricordasse neppure lontanamente quel corteo sintomatico che caratterizzerebbe per Vassale la cachessia degli ipofisectomizzati. Di modo che, pur dovendo, per pronunciarsi, aspettare l'esito dello studio istologico, quei cani, dice l'autore, con sopravvivenza di tre-quattro settimane, e senza la comparsa di nessuno di quei fatti che caratterizzerebbero la cachessia ipofisiopriva, e che dovrebbero presentarsi già entro la seconda settimana, basterebbero a scuotere alquanto le nostre convinzioni.

È strano dopo ciò che questi cani, nella seconda Nota ([1]) pubblicata da Dalla Vedova siano ritenuti come morti per ipofisi, dimodochè sorgerebbe così una nuova teoria per la quale l'ipofisi asportata darebbe ai cani la morte dopo un lungo periodo di completo benessere accompagnato da aumento del peso del corpo. La morte in questi casi sarebbe preceduta da un dimagramento osservabile negli ultimi due giorni. Questa teoria non ci pare che risponda al vero in quanto che la morte di questi animali potrebbe essere dovuta ad altra causa. Abbiamo visto nei precedenti capitoli come spessissimo dopo un'operazione riguardante l'asportazione di parti del sistema nervoso gli animali muoiano, dopo aver goduto di un periodo più o meno lungo di benessere. La sopravvivenza quindi in questi casi è sempre limitata. Dopo un periodo nel quale la nutrizione si fa benissimo e nel quale si ha un aumento del peso del corpo, succede il dimagramento, spesso accompagnato da convulsioni epilettiformi, finchè l'animale muore di marasma. Noi in base a simili osservazioni, mai abbiamo sostenuto che quella data parte di sistema nervoso era indispensabile alla vita, anche quando il periodo di benessere fosse stato breve, come abbiamo specialmente osservato nei cani operati di nucleo lenticolare. I medesimi fatti del resto si osservano in patologia.

([1]) Dalla Vedova. Boll. R. Accad. Med. di Roma, XXX, 1904, 137-151.

Gli ultimi quattro cani operati da Dalla Vedova vennero uccisi dopo molti mesi di sopravvivenza senza che egli avesse mai osservato fenomeni di deficienza. L'esame istologico però rivelò la presenza di *piccoli blocchetti o nidi cellulari* in buono stato e secondo l'autore, funzionanti. Dalla Vedova scarta queste esperienze esprimendosi in questi termini: « La presenza di residui di glandule sfuggite all'esame macroscopico durante l'autopsia, ma riconoscibili alla ricerca microscopica eseguita su tagli seriali, viene a scalzare dalla loro base le conclusioni che io avevo per un momento creduto di poter dedurre dai miei esperimenti. Vero è che della glandola ipofisaria residuano soltanto blocchetti di dimensioni microscopiche, (una volta un piccolo nido di tessuto ghiandolare si presentò in 14 tagli dello spessore di 15 micro-millimetri), che essi sono incapsulati in un tessuto connettivo cicatriziale compatto, poco vascolarizzato, che nella compagine di questi nidi epiteliari si osservano infiltrazioni multiple di pigmento ematico depositato sia negli elementi fissi dello scarso connettivo stromale, che nel protoplasma degli epiteli, che questi almeno parzialmente hanno perduta la loro vitalità specialmente verso la periferia dei singoli blocchi. Ma è vero altresì che la massima parte di questo tessuto glandolare si presenta con le apparenze strutturali normali della glandola ipofisaria, e che in esso si riscontrano fatti evidenti di proliferazione del costituente epiteliale ». Dopo di ciò l'autore finisce col sostenere che, dalla serie dei suoi esperimenti, le conclusioni affermate dai precedenti sperimentatori (Vassale, Caselli ecc.), ricevono una nuova conferma. Dalla Vedova coonesta questa conclusione, sforzandosi di credere che, (cosa che già abbiamo detto) i quattro cani, che sopravvissero per venti-ventinove giorni e che all'autopsia non dimostrarono alcun fatto che dimostrasse la ragione della morte, e di cui non si fece l'esame istologico, sieno morti in conseguenza all'ablazione dell'ipofisi. Ripetiamo che non si può concepire questa morte per ipofisi con l'assenza di qualsiasi sintoma, dimodochè si dovrebbe sostenere che la mancanza dell'ipofisi porta la morte dell'animale dopo un periodo di completo benessere. E per una glandula a funzione antitossica ammettere ciò, ci sembra poco giustificabile. Riteniamo quindi che quei cani sieno morti per tutt'altra causa che non sia quella dell'assenza dell'ipofisi, della quale con tutta probabilità è da presumersi che sia rimasto qualche blocchetto di cellule, come quelli che si rinvennero negli altri cani nei quali si fece la ricerca istologica. Le due Note di Dalla Vedova quindi in nessun senso hanno fatto progredire lo studio dell'ipofisi. Con le sue esperienze non si può sostenere se l'asportazione dell'ipofisi porta o non la morte nei cani operati, e se questi presentano fenomeni di cachessia ipofisiopriva. Avrebbero soltanto dimostrato che piccole parti di glandula possono rimanere funzionanti, ma che esse sieno sufficienti per la conservazione della vita dell'animale, è meglio, prima di ammetterlo, che altri lo riconfermi.

Lavori d'indole molto diversa da quelli di cui finora ci siamo occupati, ma fatti sempre allo scopo di stabilire la funzione dell'ipofisi, sono quelli del Guerrini [1], il quale, dopo aver studiato l'anatomia microscopica dell'ipofisi, viene

[1] Guerrini, Rivista di patologia nerv. e mentale, IX, 1904 513-530. Lo Sperimentale LVIII, 1904, settembre-ottobre. Archivio di Fisiologia, II, 1905, 384-386. Il Tommasi, I, 1906, n. 8.

alle seguenti conclusioni: che nella porzione epiteliale dell'ipofisi non esistono che cellule di un sol tipo a funzione nettamente secretoria, perchè le cosiddette cellule cromatofile e cromatofobe, eosinofile e cianofile, alizarinofile, siderofile ecc. non sono che le medesime in diversi momenti della loro funzione, che le stesse cellule elaborano due specie di secreto una a tipo di plasmosomi, l'altra a tipo granulare. Dopo ciò l'autore studia l'influenza di varie specie d'intossicazioni acute e croniche per veleni endogeni e per veleni esogeni sull'ipofisi, e trova fenomeni di eccitazione e fenomeni di esaurimento nelle funzioni delle secrezioni della glandola ipofisaria.

Secondo noi da queste esperienze poco si avvantaggiano le conoscenze sulla fisiologia dell'ipofisi. Dato il fatto che la vita sia possibile anche senza un certo organo, anche noi siamo d'accordo coll'autore nel sostenere che ciò non significa che quell'organo sia inutile. Come pure dato il fatto che senza un certo organo, la vita non sia possibile, ciò significa certamente che quell'organo è indispensabile, ma non dice nulla di più sull'incognita della sua funzione. A ciò aggiungiamo che dato il fatto che le cellule di un organo si mostrano sensibili ai veleni sia indogeni che esogeni sino ad ipertrofizzarsi, ciò non significa che la glandola abbia una funzione antitossica come sostiene il Guerrini.

Nel 1905 troviamo i lavori di Fichera e di Pirrone.

Fichera [1] dopo avere osservato che gli animali castrati hanno un'ipofisi più grossa di quella degli animali interi della medesima specie e del medesimo peso, asporta l'ipofisi nei galli, e trova che questi animali sopravvivono a questa operazione senza presentare alcun sintoma. L'autore ha fatto l'esame istologico della loggia ipofisaria, e si è accertato che in quattro casi nessun blocchetto di cellule era rimasto in essa. Però la scelta dell'animale se è felice per il fatto che gli uccelli sono meno suscettibili all'infezione post-operatoria, non lo è per un'altra ragione. Se infatti si vuol ritenere che l'ipofisi abbia una funzione simile a quella della tiroide e delle capsule surrenali, la ricerca fatta dall'autore adoperando gli uccelli, nulla dimostra, perchè in questi animali le tiroidi e le capsule surrenali non hanno una funzione tanto importante come quella che si osserva nei mammiferi. Mettendo poi questi fatti in rapporto all'ipertrofia dell'ipofisi trovata nei capponi, si potrebbe concludere che essa è formata di tessuto facile a risentire gli stimoli, ma ciò non indica punto una funzione antitossica.

Pirrone [2], servendosi di recenti metodi di tecnica microscopica, studia non solo la struttura della cellula ipofisaria di per sè sola, ma anche la struttura della cellula in rapporto alla funzione di secrezione. Dalla diversa reazione che queste cellule hanno verso le sostanze coloranti, ritiene che la cromofilia è attribuibile alle sostanze metaplasmatiche in esse contenute. Le cellule quindi elaborano un secreto di natura complessa, che, è da ritenersi, sia versato, a misura che viene elaborato, nei linfatici, e l'autore conclude che l'ipofisi sia una glandola attivamente funzionante e indispensabile all'economia. A noi sembra esagerato che da un lavoro puramente istologico si possa dedurre una si importante teoria, poichè, anche ammesso che i

[1] Fichera, Policlinico, vol. XII-C, 1905; e Sperimentale, anno LIX, fasc. VI, 1905.
[2] Pirrone, Archivio di Fisiologia, II, 1905, 60-74.

nuovi metodi istologici possano darci un'idea della secrezione delle cellule glandulari, non si può concepire come da ciò si possa concludere che questa glandola sia indispensabile alla vita. Nell'organismo esistono tante glandole, di cui è noto o è ignoto il secreto, con funzioni più o meno importanti, ma la maggior parte di esse sono ritenute non necessarie all'economia. Ciò è stato visto facendone l'asportazione, la quale operazione rappresenta il mezzo più sicuro per studiare i fenomeni di deficienza di un dato organo.

Nel 1906 Carletti (1) pubblicò un lavoro riguardante gli effetti delle iniezioni del succo d'ipofisi sull'accrescimento somatico. Nel presupposto che là dove l'ipofisi abbia una funzione in rapporto con l'accrescimento somatico in genere, scheletrico in ispecie, dovrebbe anche ritenersi probabile che essa presenti il *maximum* di questa sua attività nel periodo dello sviluppo, l'autore iniettò ai suoi giovani animali succo d'ipofisi di agnello, e vide che dopo questo trattamento, si aveva un ritardo nell'accrescimento in peso e nello sviluppo scheletrico.

Un'altra pubblicazione avvenuta nel 1906 meritevole di menzione è quella di Schloffer (2) in riguardo all'asportazione dell'ipofisi nell'uomo. L'autore considera prima il significato fisiologico dell'ipofisi, parla dei metodi operativi e ritiene che l'estirpazione sia possibile. Da ciò possiamo dedurre che i chirurgi già da qualche anno cominciavano a ritenere che l'asportazione dell'ipofisi nell'uomo potesse farsi senza pericolo della vita. Vedremo infatti come questa operazione è stata eseguita con successo.

I lavori pubblicati in questi ultimissimi anni sono ancora più numerosi di prima; fra essi ci limitiamo a fare brevi relazioni di quelli di Paulesco, Masay, Gemelli e Livon.

Il Paulesco (3), dopo aver riportato un'estesa letteratura sulla Anatomia e Istologia dell'ipofisi, parla con molto dettaglio dei lavori fatti in questi ultimi anni a proposito dell'asportazione di quella glandola, soffermandosi molto ai processi operativi, alla durata della sopravvivenza, ai sintomi che presentano gli animali operati, ecc., e mostrando come la sindrome fenomenologica riscontrata dai vari sperimentatori nei cani operati differisce caso da caso. Mette in rilievo che mentre Vassale e Sacchi hanno registrato fenomeni gravi ed anche la morte, quando la porzione distrutta equivaleva alla metà della glandola, al contrario Dalla Vedova non constatò alcun disordine nei cani da lui operati nei quali piccolissimi residui microscopici di ipofisi (due decimi di millimetro) erano stati risparmiati alla distruzione.

In presenza di risultati così contraddittori, dice l'autore, le ricerche dovevano essere riprese. Da più tempo, egli continua, cercavo un processo operatorio per l'ipofisectomia, col quale si potessero ottenere le condizioni seguenti, che d'altronde, secondo noi, rappresentano un vero sogno: permettere a volontà l'estirpazione totale della glandola come pure l'ablazione isolata di ciascuna delle sue parti costitutive

(1) Carletti, Rend. della R. Acc. dei Lincei, XV, 2° sem., 1906.

(2) Schloffer, Beiträge z. klinischen Chirurgie, Bd. 50 H. 3, 1906.

(3) Paulesco, Journal de Phys. et de Path. générale, 1907, 441-456 e Paris, 1908, Vigot fréres, éditeurs.

(porzione nervosa, porzioni epiteliali: midollare e corticale) senza che si producesse nè emorragia, nè alcuna lesione encefalica e senza che vi fosse possibilità di complicazioni infettive (meningo-encefalite suppurativa). Dopo questo preambolo è naturale che tutti i metodi fino allora adoperati dovessero essere rigettati dall'autore, il quale ci descrive il suo. Con questo metodo, per mezzo del quale si arriva all' ipofisi, facendo una breccia nella regione temporale, si evitano secondo l'autore, tutti gl'inconvenienti finora registrati (lesioni cerebrali, emorragie, infezioni di origine boccale) e si ha il grande vantaggio di potere vedere la glandola, di poterla raccogliere tutta intiera, *come si raccoglie un frutto da un albero*, di poter togliere o distruggere separatamente ciascuna delle sue parti, ed infine, ciò che non è da disprezzarsi, di essere un metodo relativamente semplice e facile ad eseguirsi, mentre poi l'operazione è di un' innocuità assoluta, come lo provano le esperienze comparative. Tutto ciò è veramente stupefacente, e non è in rapporto con la descrizione dell'operazione molto complicata e divisa in nove tempi. E vero che l'autore non registra insuccessi, ma egli crede che tutti i cani sopravvissuti anche per poche ore, muoiano per l'assenza dell' ipofisi. Infatti il Paulesco conclude che l' ipofisectomia totale è seguìta dalla morte, e che la durata media della sopravvivenza è di 24 ore. Se la sopravvivenza è più lunga o indefinita, ciò vuol dire, secondo l'autore, che dei residui anche minimi o microscopici della porzione epiteliale dell' ipofisi, sono stati risparmiati dalla distruzione. L' insufficienza della funzione dell' ipofisi in seguito all' ipofisectomia totale o quasi totale, non si manifesta con alcun sintomo particolare e caratteristico, e nei casi di sopravvivenza prolungata non si produce alcun disturbo trofico apprezzabile. Le lesioni della base del cervello intorno alla regione infundibolare non dànno morte rapida. Esse si manifestano con convulsioni, spasmi, emiparesi, tendenza a curvarsi ad arco o di lato. La separazione dell' ipofisi dalla base del cervello equivale ad un' ipofisectomia totale.

Evidentemente con le esperienze di Paulesco sorge un'altra teoria sulla fisiologia dell' ipofisi, quella cioè che questa glandula si debba ritenere come un centro di così alta funzione fisiologica da ravvicinarla a quelli del bulbo rachidiano! Secondo noi, ci pare più conveniente e verosimile il pensare che i cani operati da Paulesco siano morti per shok traumatico, e che conseguentemente i suoi risultati non apportano alcun vantaggio allo studio della questione.

Un altro lavoro che per il metodo col quale si vuol dimostrare la funzione dell'ipofisi, si discosta da tutti quelli già menzionati, è quello di Masay [1], notevole per la critica severa che egli fà a tutti i precedenti sperimentatori. Egli riassume i suoi apprezzamenti sui risultati ottenuti, dicendo che la massima parte dei sintomi osservati dai differenti autori son dovuti non all' insufficienza ipofisaria, ma al traumatismo od ai fenomeni postoperatori. Però alcuni sintomi appaiono con una certa costanza in un buon numero di casi. Essi sono: la paresi del treno posteriore, la debolezza muscolare, le contrazioni fibrillari in differenti regioni e soprattutto il dimagramento progressivo che porta ad una cachessia mortale. Conclude che per orientarsi nella questione occorreva a qualsiasi costo di evitare il traumatismo, e per

[1] Masay, L'*Hypophyse*. Bruxelles, Bulens editore, 1908.

questa ragione l'autore si invogliò a ricercare, se era possibile di fare un siero ipofisotossico. Questo siero viene dall'autore preparato nel modo solito col quale sono stati preparati gli altri sieri citotossici. Le ipofisi di cani morti per dissanguamento venivano triturate in due centimetri cubici di soluzione fisiologica ed iniettate nel peritoneo della cavia, la quale veniva salassata, dopo aver ricevuto cinque iniezioni a distanza di 48 ore l'una dall'altra. Il siero così ottenuto veniva iniettato a cani giovani allo scopo di osservare nello stesso tempo le modificazioni che potevano prodursi sull'accrescimento somatico. I cani trattati, a secondo la dose, sopravvivevano per un periodo più o meno lungo presentando dimagramento, indebolimento muscolare, abbassamento del treno posteriore, andatura plantigrada, divaricamento degli arti, curvatura del dorso, modificazioni nello scheletro, rigonfiamento epifisario e deformazione diverse. Così, dice l'autore, siamo riusciti ad avere il quadro dell' insufficienza ipofisaria, quadro sostenuto dalla ricerca anatomica la quale ha dato i seguenti risultati: Nei cani morti dieci giorni dopo l' iniezione, la glandola è ben conservata. Nei cani morti dopo almeno sei settimane, secondo l'autore non si osserva più traccia di attività funzionale. Nei cani morti dopo più mesi non si trova più la struttura della glandola, la quale presenta lesioni necrotiche molto gravi. A noi sembra che l'autore dà al siero ipofisotossico un' importanza che esso non ha. Egli confonde l'azione delle tossine contenute in questo siero, con la funzione della glandola. Sarebbe molto comodo studiare le funzioni degli organi per mezzo dei sieri. In questo modo dovremmo registrare la bancarotta del metodo sperimentale, e con poche iniezioni potremmo rifare *ex-novo* tutti i capitoli della fisiologia. Invece secondo noi, le esperienze di Masay dimostrano soltanto che il siero ipofitossico, al pari di tutti gli altri sieri congeneri, è molto velenoso, e che al pari di tutte le tossine e di tutti i veleni sia endogeni che esogeni, da tanti autori sperimentati, provoca alterazioni sensibili nell' ipofisi. Queste alterazioni nel tessuto ipofisario sono più evidenti, quando lo stimolo del veleno è lieve e continuo, sono invece scarsi o non si riscontrano affatto, quando la quantità di tossina è così forte da produrre la morte in brevissimo tempo.

Numerosissimi sono i lavori pubblicati da Gemelli [1] sull'ipofisi. Certissimamente egli è l'autore che più si è occupato di questo argomento. Con molta probabilità però alcuni dei suoi lavori non sarebbero venuti alla luce, se egli avesse sin da principio eseguito l'asportazione dell'ipofisi. I risultati infatti ottenuti per mezzo dell'ablazione di questo organo, non confermano, nè spiegano affatto quelli già registrati nei lavori precedenti. In questi egli aveva stabilito che l'ipofisi fosse un organo necessario alla vita dell'organismo animale, sia per la sua funzione antitossica, sia perchè ausiliare del rene (lobo nervoso); invece nelle ultime ricerche, dopo avere fatto l'ablazione della glandola, il Gemelli viene alle seguenti conclusioni: Nelle rane conferma i risultati ottenuti da Gaglio, i quali invece erano stati contradetti da Boteano [2]

[1] Gemelli, Boll. Soc. Med. Chir., Pavia, 1900 e 1903: Riv. di sc. fis. e nat., 1903, 1905, Pavia; Archivio di Fisiologia, Firenze, 1905; Journ. de l'Anatom., Paris, 1906; Anatom. Anzeiger, 1906; Rendiconti Ist. Lomb. Sc. e Lett., 1906, Milano; Arch. Ital. de Biol., 50, 157-174, a 1908.

[2] Boteano, *Thèse de Bucarest*, 1906, citato da Paulesco.

allievo di Paulesco. Nei gatti operati col metodo di Vassale modificato da Friedmann e Maass, Caselli e Dalla Vedova, dopo aver rigettato anche la via temporale colla quale non si arriva a vedere l'ipofisi, e dopo aver detto che il metodo di Fichera non è adoperabile nei mammiferi, non ebbe mai a notare negli otto animali nei quali riuscì l'operazione, nessun sintoma di quelli descritti come causati dall'ipofisectomia. Questi animali furono uccisi, quattro dopo sei mesi, e quattro dopo otto mesi. In tutti venne fatta l'autopsia e l'esame istologico della loggia ipofisaria, e fu trovato che in sette casi l'ipofisectomia era completa, come lo dimostrò l'esame dei tagli seriali della loggia glandulare.

Questi fatti, dice l'autore, dimostrano l'insufficienza della funzione ipofisaria, e trovano analogia in alcuni fatti anatomo-patologici. Sono stati descritti casi di tumori nei quali l'ipofisi era completamente distrutta, senza che a lato dei fenomeni che indicavano la localizzazione del tumore (compressione del terzo ventricolo, del chiasma, dell'oculo-motore comune, ecc.) vi fosse alcun fenomeno caratteristico dimostrante la ipofisectomia. A questi casi si possono aggiungere quelli numerosi di distruzione dell'ipofisi per gomme sifilitiche, tubercolosi, echinococco, ascessi, degenerazione cistica, ecc. Di più è da rammentare che i cani di Berna, secondo Cyon, erano spesso con ipofisi atrofica.

Si aggiunga che Frankl-Hochwart e Heiselberg comunicarono al primo Congresso dei neurologisti tedeschi tenuto a Dresda nel mese di settembre del 1907, un caso di tumore dell'ipofisi che fu arditamente estirpato per la via nasale. Il malato viveva ancora dopo tre mesi, i fenomeni di localizzazione del tumore erano quasi spariti, il peso del corpo era diminuito soltanto di due chilogrammi. Non si osservò alcun sintomo di cachessia ipofisaria. Questo è il primo caso di ablazione felice di un tumore dell'ipofisi. In un altro caso operato da Schloffer per via nasale, il malato morì dopo 75 giorni. Giordano e Caselli egualmente hanno indicato la via nasale come una delle migliori nell'uomo.

Dopo ciò, l'A. conclude che l'ipòfisectomia non è mortale per gli animali, i quali non presentano disturbi immediati caratteristici. L'ipofisi quindi non ha una funzione indispensabile per l'organismo. Continuando l'A. a riassumere le sue conclusioni aggiunge, che con ciò non intende dire che l'ipofisi è un organo inutile e rudimentario, inquantochè le sue ricerche anteriori dimostrano che l'ipofisi ha una funzione caratteristica e cioè che il suo lobo nervoso è un organo ausiliare del rene e che il suo lobo glandolare appartiene al gruppo delle glandole a secrezione interna e a funzione specialmente antitossica. L'ipofisi poi ha un'influenza sullo sviluppo organico, inquantochè l'assenza della sua funzione determina un ritardo nello sviluppo dell'organismo. Queste ultime ricerche sono confermate da quelle cliniche di Messedaglia.

Evidentemente le conclusioni riguardanti la funzione antitossica dell'ipofisi non si possono più sostenere, e se il Gemelli ancora le include, ciò dipende dal fatto che egli vorrebbe salvare tutti i suoi precedenti lavori, i quali restano sempre importanti, qualora però si faccia a meno dal concluderne che l'ipofisi ha un'azione antitossica per l'organismo. Invece degni di considerazione ci sembrano i risultati ottenuti negli animali in sviluppo. Queste esperienze meritano di essere riprese e ancora più confermate. Esse fanno intravedere che se una funzione ha l'ipofisi, essa è

limitata alla prima età dell'individuo. Sarebbe quindi una glandola che, per il tempo in cui funziona, si potrebbe rassomigliare al timo. Tutto il resto per noi cade completamente, e l'ipofisi dobbiamo ritenerla come una glandola non necessaria alla vita.

A questi ultimi lavori bisogna aggiungere quelli di Livon [1], il quale presentò alla Società di Biologia di Marsiglia un cane operato di ipofisi per la via temporale dopo tre mesi dall'operazione. Non è però a nostra conoscenza il risultato dell'autopsia. Ultimamente poi al Congresso di Modena (ottobre 1909) dal dott. Gazzotti [2], aiuto alla Cattedra di Anatomia patologica della R. Università di Modena, vennero comunicate ricerche sull'ipofisi, che anche esse conchiudono per la non necessaria presenza di questa glandola per la conservazione della vita. Ci auguriamo che i cani operati d'ipofisi e i tagli seriali per le ricerche istologiche della loggia ipofisaria siano stati osservati, nel laboratorio del prof. Vassale, al quale resta sempre il merito di avere sollevato una questione biologica importantissima, che ha dato luogo a numerosissimi studi.

Nè le nostre conclusioni vengono scosse dalle ricerche ultime di Staderini [3] il quale nella rana e pare anche in qualche mammifero, ha trovato ed ha descritto nuovi lobi dell'ipofisi che secondo lui, non sono in nessun modo aggredibili. Le ragioni per le quali egli crede che non si possa arrivare ad estirpare questi lobi da lui descritti, consistono in ciò, che la completa eliminazione di queste parti porta inevitabilmente con sè la lacerazione dell'infundibulo, quindi l'apertura del ventricolo medio e la fuoriuscita di liquido cefalo-rachidiano. Ma tutto ciò non è pericoloso, come pare che creda l'autore, poichè, sia da quelli che hanno operato per la via orale, sia da noi che abbiamo operato per la fessura interemisferica, è stato leso l'infundibulo, aperto il terzo ventricolo e veduto uscire il liquido cefalo-rachidiano, senza che tutto ciò portasse la conseguenza immediata della morte dell'animale. D'altra parte molti autori ormai hanno fatto l'esame istologico della loggia ipofisaria dopo l'asportazione della glandula, e spesso questa ricerca seriale ha dato risultati negativi, anche a persone che, come il Gemelli, si sono per tanti anni occupati dell'istologia dell'ipofisi. Nè si può dire che le sezioni istologiche potevano non comprendere la regione dove sono situati questi nuovi lobi descritti dallo stesso Staderini, poichè questo studio comprendeva tutta la regione in cui si trovava tessuto cicatriziale e le parti inferiori della massa cerebrale che in questi casi veniva lasciata a far parte del pezzo anatomico che poi si sezionava. Riteniamo quindi, in base alle sue stesse ricerche, che lo Staderini non possa infirmare tutti i lavori finora eseguiti sull'ipofisi, la quale, secondo noi, è stata finora da molti sperimentatori completamente asportata. Se mai il lavoro di Staderini apre la via alla ricerca della funzione di nuove glandule che possono avere e possono non avere relazione con l'ipofisi propriamente detta.

Poche parole ci restano da dire per rispondere alla critica fatta dal Cyon alla nostra prima pubblicazione su questo argomento. Nel modo come questo autore ci

(1) Livon, Compt. Rend. Soc. Biol., 64°, 372, a. 1908, Paris.

(2) Gazzotti, Pathologica, I, 703.

(3) Staderini, Archivio di Anatomia e di Embriologia, vol. II, III e VII; Anat. Anzeiger, XXXIII, 1908, n. 10 e Arch. di Fisiologia, 1910.

ha criticato, parrebbe che noi avessimo lavorato sull'ipofisi soltanto per fare controllo, torto od onore a lui. Niente di tutto ciò. Come abbiamo detto, il nostro scopo era di poter asportare l'ipofisi evitando la facile infezione della via boccale, alla quale, secondo noi, erano da attribuirsi molti dei sintomi registrati da Vassale e da Caselli, e da loro ritenuti come sintomi di cachessia ipofisiopriva. Disponendo di cani sopravvissuti all'ipofisectomia, ci proponemmo di determinare se l'effetto pressorio notato dal Cyon subito dopo quella operazione, fosse un fenomeno duraturo. Dai tracciati che segnavano la pressione vasale, avremmo allora potuto dedurre se nell'animale sottoposto all'esperienza funzionasse o no l'organo dell'ipofisi. Pur troppo però le nostre esperienze non riuscirono in sostegno della teoria del Cyon, il quale ci fece una critica non limitata alle esperienze sulla pressione, ma estesa ad altri argomenti di poca importanza. Ci accusa di non aver letto un suo lavoro dove sconsigliava la disarticolazione della mascella, da lui prima eseguita allo scopo di arrivare all'ipofisi. Secondo noi, il metodo operatorio non può influire sui risultati ottenuti dal Cyon. Se l'ipofisi ha un'influenza sulla pressione arteriosa, con qualsiasi metodo essa sia stata messa in vista, il fenomeno dovrebbe sempre ripetersi egualmente. Cyon aggiunge gratuitamente che noi abbiamo riferito di avere egli ritenuto che l'ipofisectomia produca la morte immediata dell'animale; dubita che i nostri cani, potessero prima dell'operazione, essere privi di ipofisi, come quelli che lui trovò a Berna e a Parigi, e sostiene che la gravità dell'operazione da noi seguìta falsa il quadro fenomenologico. L'unica critica che rientra nell'argomento è quella che, secondo Cyon, le nostre esperienze sulla pressione sanguigna non hanno valore, perchè la fuoriuscita del liquido cefalo rachidiano rendeva impossibile la valutazione della pressione endocranica. Non crediamo che ciò corrisponda al vero, e d'altra parte è certo che il foro attraverso il corpo calloso e l'infundibulo cicatrizza presto e il liquido cefalo rachidiano si ricostituisce prestissimo.

Notiamo infine che le ricerche del Cyon, anche in questi ultimi anni non sono state quasi mai riconfermate, quantunque questo autore non lasci mai occasione per ribattere gli oppositori. Ultimo fra i lavori su questo argomento è quello del Livon (1) il quale conchiude, che l'ipofisi non è direttamente eccitabile, nè meccanicamente, nè elettricamente, e che le modificazioni che si osservano sperimentando su questo organo, sono dovute ad eccitazioni che agiscono sulle regioni della base del cervello le quali sono in rapporto con quella glandola. Anche a questo lavoro Cyon (2) risponde, al suo solito, vivacemente, accusando Livon di non aver letto tutti i suoi lavori, affermando che il metodo non è buono, e che i cani operati potevano essere con ipofisi atrofica. A noi sembra che per sostenere una teoria, occorrono ben altri argomenti!

(1) Livon, Journ. de Phys. et de Path. générale, 1909, XI, 16-27.
(2) Cyon, Journ. de Phys. et de Path. générale, 1909, XI, 259-262.

XIII.

Sui disturbi visivi e sulle degenerazioni che susseguono al taglio di una bandelletta ottica (1).

Per la spiegazione di tutti i fatti che riguardano la fisiologia e la patologia della funzione visiva nell'uomo e negli animali superiori, l'ipotesi di un incrocio parziale dei nervi ottici nel chiasma emessa dal Wollaston, riusciva troppo utile per non dover essere ammessa dalla massima parte dei fisiologi e dei clinici, e troppo importante perchè non se ne dovesse cercare la conferma nell'anatomia e nell'esperimento fisiologico.

E la dimostrazione di questa ipotesi è tanto più necessaria quando si pensi che il Graefe dovendo pur cercare una spiegazione a molti fatti morbosi che si osservano nella funzionalità visiva, fu costretto ad ammettere, non solo questo incrocio, ma anche che la metà destra dell'encefalo è in relazione con la metà destra degli occhi destro e sinistro, e la metà sinistra dell'encefalo con la metà sinistra dei medesimi.

Se poniamo come cardine dei nostri ragionamenti, che si devono accettare le ipotesi le quali spiegano un maggior numero di fatti, queste due si possono non solo accettare, ma anche credere conformi alla verità.

Infatti, ritenendo che le fibre nervose che partono dalla retina si incrocino nel chiasma, e che precisamente quelle provenienti dalle metà destre, si portino all'emisfero di destra, e quelle provenienti dalle metà sinistre si portino all'emisfero di sinistra, si dà una base anatomica alla teoria di G. Müller e di Hering sulla visione binoculare e si spiegano le varie forme di emianopsia osservate dai clinici.

Per G. Müller gli oggetti sono visti semplici quando le loro immagini eccitano due punti identici della retina. Ora, se si ammette che le eccitazioni partite da questi due punti vadano verso un punto solo del cervello, non riesce difficile la spiegazione della visione semplice per mezzo dei due occhi.

È ben vero che alcuni piccoli fatti sfuggono a questa spiegazione; ma lo stesso Bunge, che, in una delle più recenti pubblicazioni fa notare che vi sono strabici operati i quali dopo l'operazione, hanno diplopia, sebbene le immagini si formino in punti identici delle retine, è costretto a ritenere questa teoria come la migliore, molto probabilmente rispondente alla realtà dei fatti.

E, ammettendo sempre questo incrocio, e questa distribuzione topografica delle fibre dell'ottico nella retina, si comprende facilmente come la lesione di una bandelletta nella quale passano le fibre provenienti dalle due metà dello stesso nome della retina, dia un'emianopsia bilaterale omonima; e come una lesione del chiasma, nel punto in cui s'incrociano i due fasci, di cui, uno va alla metà destra (nasale) dell'occhio sinistro, e l'altro alla metà sinistra (nasale) dell'occhio destro, dia emianopsia bilaterale temporale.

(1) Queste ricerche, pubblicate nel periodico La Clinica oculistica, 1902, furono eseguite in collaborazione collo studente laureando S. Canobbio.

Ma poichè era possibile la dimostrazione diretta di queste ipotesi, la si doveva cercare. La soluzione del problema fu tentata con varî metodi.

Lo studio delle degenerazioni secondarie all'enucleazione di uno o di ambedue gli occhi, fu la via preferita dagli autori.

Queste degenerazioni furono poi rilevate dai primi che se ne occuparono, misurando e paragonando fra loro le superficie di taglio dei nervi ottici e delle bandellette ottiche; in seguito gli autori usarono i metodi di colorazione del Weigert e del Marchi. In una sola serie di esperimenti fatti da Faravelli e Fasola (1), le degenerazioni furono dedotte dalla forza elettromotrice nervosa, sviluppata dalle varie sezioni delle vie ottiche extracerebrali, fra i sette e i quaranta giorni susseguenti alle enucleazioni dei bulbi oculari. Evidentemente questa forza fu trovata minore nel nervo e nel tratto ottico in cui si erano avute le maggiori degenerazioni.

Gudden (2) si occupò per quasi dieci anni dell'argomento, sperimentando sugli uccelli, sui gatti, sui conigli, sui cani. Nei primi esperimenti (1874) trovò che, dopo l'enucleazione di un occhio, si aveva: negli animali superiori (gatti, conigli, cani), diminuzione nel volume di ambedue le bandellette, maggiore però dalla parte opposta alla lesione; negli animali inferiori (uccelli) diminuzione del volume solo nella bandelletta dal lato opposto alla lesione. Dal che dedusse che, nei primi, l'incrocio è parziale, con prevalenza delle fibre crociate; nei secondi l'incrocio è totale.

Coll'enucleazione di ambedue gli occhi non ottenne atrofia completa di nessuna delle due bandellette, ciò che lo condusse ad individualizzare un nuovo fascio, il quale per il chiasma passa da una bandelletta all'altra (fascio di Gudden). Ripetè questi esperimenti nel 1875 e nel 1879, servendosi del metodo di Weigert, e venne alle medesime conclusioni. Eseguì sempre le enucleazioni in animali appena nati, perchè alla sezione dell'animale le atrofie fossero più evidenti.

Dopo di Gudden, e seguendo i suoi metodi, sperimentarono: Ganzer, sui gatti neonati; Jakobson, Dexler, Monakow (3), sui cani, e poterono, col metodo di Weigert, confermare che in seguito all'enucleazione di un occhio, si hanno degenerazioni in ambedue le bandellette ottiche del lato opposto.

Questi risultati furono poi nuovamente dimostrati veri col metodo di Marchi, dal Münzer e Singer, dal Teljannik, dal Colucci nei cani, e dal Pick (4) nei conigli

Faravelli e Fasola, che, come già si è detto, si servirono nello studio delle degenerazioni, della forza elettromotrice nervosa, in esperienze eseguite sopra dieci conigli e dieci cani, confermarono pienamente le idee del Gudden.

Un'altra ricca serie di dati si ha dai reperti anatomo-patologici in casi di enucleazione dei bulbi oculari.

(1) Faravelli e Fasola, *La forza elettromotrice nervosa applicata nello studio del chiasma dei nervi ottici.* Annali di Oftalmologia, 1889.

(2) Gudden, *Ueber die Kreuzung der Nervenfasern in Chiasma.* Graefes Archiv, vol. XX, XXI, XXV.

(3) Monakow, *Experiment. Untersuch. ü. die Beziehungen der Sehsphäre zu den infracorticalen Opticuscentren.* Archiv f. Psych., vol. XIV, XVI, XX.

(4) Pick, *Untersuch. ü. d. topografischen Beziehungen zwischen Retina, Opticus und gekreuz. Tractus b. Kaninchen. Neurol. Centr.*, 1896.

Monakow, Jatzow, Dimer, Gudden, ecc., riportano di questi casi, i quali dimostrano, per l'uomo, quel parziale incrocio che era già stato dimostrato per gli animali.

Henle, nel suo manuale di anatomia umana sistematica, riporta dalla vecchia letteratura anatomica, cinque casi, nei quali fu notata assenza del chiasma, ed in cui gli ottici andavano direttamente dalla loro origine apparente al bulbo oculare. Il più antico di questi casi venne descritto dal Vesalio. L'individuo conosciuto *intra vitam* dal grande anatomo non presentava disturbi di sorta nella funzionalità visiva.

Sebbene il numero delle autopsie sia ai giorni nostri aumentato enormemente, la letteratura anatomica moderna non ricorda casi di questo genere; di modo che questi cinque non hanno valore se non come curiosità scientifiche.

Contro l'unanime modo di sentire di tutti questi sperimentatori, stanno il Michel (1), il Dickinson (2), il Kölliker.

Il Michel, avendo studiato le degenerazioni degli ottici e delle bandellette contemporaneamente e con gli stessi metodi del Gudden e degli altri, si mostrò però sempre in trenta anni di ricerche partigiano assoluto di un incrocio totale anche negli animali superiori. In questi ultimi anni a questa idea aderì anche il Kölliker, portandovi tutto l'appoggio del suo gran nome.

Quale sia la posizione relativa assegnata ai fasci diretto e crociato, negli ottici e nelle bandellette, si vedrà più tardi.

Il rapporto, poi, fra il numero delle fibre crociate, ed il numero di quelle non crociate, non è ben precisato. Salzer e Krause, pongono per l'uomo un rapporto come fra cinque e tre; Hösch (3), parimenti nell'uomo, come fra tre e uno; Bechterew (4) si contenta di dire che le fibre crociate sono in maggior numero. Faravelli e Fasola, trovarono nel cane una forza media di 12 gradi nella bandelletta del lato opposto, e di 22 gradi nella bandelletta del lato corrispondente alle enucleazioni.

L'opinione di coloro che stanno per un incrocio parziale negli animali superiori, è convalidata dagli studi sperimentali e clinici fatti sui centri visivi corticali.

Graefe, per il primo, sostenne che le lesioni cerebrali danno disturbi della vista sotto forma di emianopsia; il Panizza localizzò il centro visivo nelle *circonvoluzioni posteriori e superiori* dell'encefalo; Munk (5) dimostrò vera l'ipotesi di Graefe; e il Luciani e il Tamburini (6), opponendosi alle idee emesse dallo Charcot, non favorevoli a questa ipotesi, la sostennero con una buona raccolta di casi clinici e notevoli esperimenti, e mentre fissavano con maggiore esattezza il centro visivo corticale, potevano conchiudere che: lesioni dei lobi occipitali possono dar luogo ad emianopsia bilaterale omonima; e queste loro conclusioni non trovarono che conferme [Witzou (7), Roncali (8)].

(1) Michel, *Zur Frage der Sehnervenkreuz. im Chiasma.* Graefes Archiv, vol. XXIII, 2.

(2) Dickinson, *Optic Chiasma.* The Alienist and Neurologist, 1881. Biesadecki e Mandelstamm parlano nello stesso senso, ma i loro lavori sono anteriori a quelli classici di Gudden e degli altri.

(3) Hösch, *Zum Lehre von der Sehnervenkreuz.* Klinik Monatsblät. f. Augenheilkunde.

(4) Bechterew, *Experimentelle Untersuch. ü. d. Kreuz. d. Sehner. in Chiasma.*

(5) Munk, *Ueber die Functionen des Grosshirnrinde,* Berlin, 1890.

(6) Luciani e Tamburini, *Sui centri psico-sensori corticali,* Reggio Emilia, 1879.

(7) Witzou, *L'entrecroissement des fibres nerveuses dans le chiasma optique chez le chien,* Compt. Rend., t. 107.

(8) Roncali, *Sopra la compressibilità dell'encefalo.* Roma, 1900.

Detto in breve di questi studi, veniamo a quelli che più direttamente riguardano il nostro assunto.

Sebbene i neuropatologi, con una mèsse assai ricca di casi, siano portati ad ammettere nel modo più assoluto, che una lesione della bandelletta di un lato porta emianopsia temporale bilaterale omonima, e che una lesione centrale del chiasma dà emianopsia temporale bilaterale, ciò non ostante la parte sperimentale non è concorde nel confermare i dati della clinica.

Knoll [1] (1863) fu il primo a por mano a queste ricerche. In una prima serie di esperimenti tagliò il nervo ottico sùbito dietro il bulbo ed ottenne cecità completa dell'occhio dello stesso lato, dilatazione della pupilla, e abolizione del riflesso irideo alla luce.

In una seconda serie di esperienze, tagliò una bandelletta, ed ottenne i medesimi fatti; però dall'occhio dell'altro lato. Però nè a noi, nè ad altri i quali riportano questi risultati, fu possibile di sapere sopra quali animali egli sperimentasse.

Venne dopo il Brown-Séquard [2] (1871), il quale, pur riconoscendo che l'ipotesi di Wollaston spiega i casi di emianopsia, in un breve articolo riporta alcune ricerche eseguite nel suo laboratorio, le quali avrebbero dato risultati contrari a questa ipotesi.

Il suo allievo Eugenio Dupuy, ottenne nei cani, nelle cavie, e nei conigli, dopo la sezione del *tractus* di un lato, amaurosi nell'occhio del lato opposto, ed in seguito ad un taglio mediale antero-posteriore del chiasma, amaurosi totale. Inoltre il Brown-Séquard adduce, come prove indirette del suo asserto, il fatto che nelle cavie e nei conigli, una lesione traumatica qualunque di un lato del cervello, può produrre amaurosi nell'occhio del lato opposto.

Questi due autori sono dunque costretti ad ammettere un incrocio totale degli ottici nel chiasma degli animali superiori.

Nicati [3] (1878), notò che il taglio antero-posteriore del chiasma, non fu seguìto nel gatto da cecità completa di nessuno dei due occhi, e ne conclude che in questi animali non vi è un incrocio totale dell'occhio. Non spinse però le sue ricerche ad una maggiore esattezza!

Il Bechterew riprese queste esperienze sui cani, e ne rese di pubblica ragione i risultati, in due Memorie comparse nel 1883 e nel 1898. Già nella prima asserisce genericamente che l'incrocio è incompleto, e che i caui operati di taglio antero-posteriore del chiasma, o di taglio trasversale di una bandelletta, possono andare in giro senza urtare gli oggetti posti sulla loro strada, e conservano sempre pupille eguali ed egualmente reagenti alla luce.

Negli esperimenti ulteriori egli ha potuto notare, in seguito al taglio della bandelletta, riduzione del campo visivo nei singoli occhi, sotto forma di un'emianopsia bilaterale omonima, la quale colpiva il lato interno dell'occhio omonimo alla lesione, ed il lato esterno dell'occhio eteronimo.

[1] Knoll, *Beitr. z. Anatomie u. Physiol. von Eckhard.* Giessen, 1869.

[2] Brown-Séquard, *Récherches sur les communications de la rétine avec l'encefale.* Archives de Physiologie, 1872.

[3] Nicati, *Centralbl. f. med. Wissenschaft,* 1878.

La riduzione del campo visivo era segnata, nei singoli occhi, da una linea verticale, ed era maggiore nell'occhio del lato opposto alla lesione. Le pupille si mantennero sempre eguali, e il riflesso alla luce fu conservato.

Come si vede, solo quest'ultimo autore riuscì a dimostrare sperimentalmente ciò che i neuropatologi già dapprima ritenevano come un fatto bene assodato.

I metodi seguìti da questi autori per raggiungere la bandelletta ed il chiasma sono due:

Col primo (Knoll, Brown-Séquard, Bechterew), si penetra dalla volta della retro bocca nella cavità cranica, perforandone la base con la punta di un robusto coltello, e si cerca poi di recidere con lo stesso la bandelletta. Evidentemente, per raggiungerla, si richiede una pratica non comune, mancando punti di ritrovo, e non essendo molto facile mantenere il coltello in giusta direzione.

Si opera inoltre in un campo settico, mentre è della massima importanza che nulla venga ad alterare il quadro sintomatico proprio delle lesioni prodotte.

Con un secondo metodo (Nicati, Bechterew), si penetra nella cavità cranica per una breccia praticata sopra l'arcata zigomatica, e si va, con un coltello ricurvo, e rasentando il fondo della fossa media, verso i lati della sella turcica, dove, sollevando la punta del coltello, si tenta di tagliare la bandelletta [1].

Dalla breve descrizione di questi due metodi è evidente che, oltre i pericoli d'infezione nelle meningi, che doveva facilmente sopravvenire, la lesione della bandelletta e del chiasma doveva sempre complicarsi con lesioni vaste delle parti cerebrali vicine. Non è difficile, quindi, che i risultati contraddittori ottenuti dai ricordati autori, debbano la loro origine a questi fatti. Noi, nel riprendere queste esperienze, ci siamo preoccupati di riuscire a tagliare la bandelletta e il chiasma con minime lesioni delle parti nervose vicine, evitando poi ogni infezione settica.

Abbiamo operato nella seguente maniera:

Eseguita sulla testa dell'animale un'incisione mediana lunga dai 3 ai 4 centimetri, e il cui centro si viene a trovare sopra una linea che unisce il bordo anteriore delle due orecchie, si mette a nudo la scatola cranica, e su questa stessa linea biauricolare, lateralmente alla linea mediana, si pratica una breccia di poco più di un centimetro di diametro. Dopo di ciò, si aprono le meningi con un taglio longitudinale superiore; per questo taglio si penetra con una piccola spatola fra gli emisferi, scendendo fino al corpo calloso : allora portando un poco il manico dello strumento verso l'interno, si continua a scendere in direzione leggermente obliqua sino a urtare la base del cranio.

Il taglio della bandelletta non riesce sempre: ma per compenso si ha una piccolissima mortalità nei cani operati, i quali sogliono guarire perfettamente senza mostrare sintomi di sorta attribuibili a lesioni del sistema nervoso centrale.

Diremo ora dei metodi adoperati per determinare l'entità dei disturbi visivi osservati nei cani da noi operati.

Nei primi giorni, quando non era ancora possibile un esame sistematico, si tenne

[1] Questo medesimo metodo fu usato, come abbiamo già visto, in esperimenti praticati sulla ipofisi, ma sempre con risultati assai poco soddisfacenti.

conto delle alterazioni grossolane, che si rilevavano nel dar da mangiare agli animali, e nell'agitare oggetti presso di loro.

Quando poi finalmente il cane poteva lasciare la branda, si osservò il suo modo di camminare, di schivare gli ostacoli, di trovare oggetti sparsi per il canile, di rispondere alle chiamate, di raggiungere e prendere oggetti che gli venivano lanciati. E questo si fece tanto con occhi liberi, quanto con un occhio bendato. Nel frattempo si notava se i movimenti dei bulbi oculari erano tutti possibili, e se le pupille si conservavano eguali, e se reagivano alla luce.

Passando ad un esame più fine, si ricercarono le possibili alterazioni del campo visivo bino e monoculare. Queste alterazioni sono assai difficili ad essere rilevate, essendo necessario di servirsi come indice, di oggetti, i quali facciano tanta impressione sull'animale, da richiamare immediatamente l'attenzione.

L'esame del campo visivo binoculare si eseguisce, servendosi, per richiamare l'attenzione dell'animale, o delle dita della mano agitate, o di un pezzo di carne, o di un cerino acceso. Abbiamo dato la preferenza alla carne, per avere una forte e pronta risposta dagli animali, i quali erano tenuti prima per 24 ore a digiuno.

Servendosi della carne, è necessario tenerla relativamente vicina, nelle zone che si suppongono cieche, e allontanarla quando si passa a zone in cui la funzionalità è conservata, e questo per escludere che l'odorato possa servire di guida.

L'esame del campo visivo monoculare si fa bendando un occhio all'animale, e ripetendo le prove suddette sopra l'occhio rimasto libero.

La reazione pupillare è di facile ricerca coi soliti metodi.

Il taglio della bandelletta, che fu fatto sempre a destra, riuscì in quattro, tra i quindici cani operati.

Riportiamo di questi quattro cani una breve storia.

Esperienza I.

10 gennaio 1901. — Cane grosso robusto di kg. 11.

L'animale sopporta benissimo l'operazione: nel momento in cui lo strumentino, che serve per il taglio della bandelletta giunge a toccare la base del cranio, si ha dilatazione forte delle pupille, che dopo poco ritornano normali.

Già il giorno dopo il cane abbandona la branda e gira per il canile. Non presenta nulla d'anormale nell'andatura, solamente urta assai spesso negli oggetti posti alla sua sinistra e gira su sè stesso da sinistra verso destra. Le prove dell'alimenzione, del cerino, e dell'agitazione della mano, fanno pensare ad una cecità completa a sinistra, mentre a destra l'acutezza visiva non sembra alterata. Ambedue le pupille però si mantengono sempre eguali e reagenti alla luce.

Al quarto giorno si comincia l'esame sistematico dei due occhi separatamente. Bendato l'occhio destro, il cane rimane immobile, con le orecchie tese, non reagisce alle varie prove, solo qualche volta sembra seguire gli oggetti che gli si fanno passare davanti. La pupilla reagisce prontamente alla luce.

Quando gli viene coperto l'occhio sinistro, l'animale continua a girare liberamente per il canile, reagisce a tutte le prove; posto sopra un piccolo tavolino (di

44 cm. di altezza) ne discende subito, in una parola non si può rilevare nessun disturbo notevole a carico dell'occhio destro. La pupilla reagisce bene.

Il cane è osservato attentamente per un mese; i fatti su esposti non si modificano notevolmente, solo l'animale impara a schivare gli oggetti posti sulla sua sinistra. Ripetendo molte volte la prova del *visus* da questo lato, si può stabilire con certezza che esso non è assolutamente abolito, potendo il cane seguire gli oggetti che si muovono da questa parte. Di più non è possibile stabilire.

Il giorno 6 febbraio l'animale è sacrificato con la stricnina.

La ferita è perfettamente guarita, il tagliente penetrato dalla parte anteriore del *girus fornicatus*, è sceso sopra la bandelletta destra recidendola nettamente a due mm. indietro del chiasma.

Esperienza II.

12 febbraio 1901. — Cane di media grandezza, robusto vivacissimo.

L'operazione procede regolarmente: anche in questo caso quando il tagliente giunge alla base del cranio, si nota dilatazione forte delle pupille, le quali però dopo circa mezz'ora ridiventano di ampiezza normale.

Nei primi giorni non è possibile avvicinare l'animale. Al quinto incomincia a girare per il canile, non presenta disturbi di sorta nell'andatura, solo qualche volta urta negli oggetti posti sulla sua sinistra. Non è ancora possibile un esame accurato per la pessima indole del cane; si nota però che il nutrimento, l'agitar della mano, un cerino acceso posto presso all'occhio di sinistra dalla parte temporale non suscitano alcuna reazione; reazione che si risveglia quando si portano gli stessi stimoli davanti o lateralmente a destra dell'animale.

Nella seconda e terza settimana il cane guarisce perfettamente della ferita operatoria, e a poco a poco va facendosi più mansueto. L'estrema vivacità, la prontezza, con cui risponde ai vari stimoli ne fanno un soggetto prezioso, viene osservato quotidianamente.

Non si rilevano mai disturbi generali nè motori, nè sensitivi. L'odorato e l'udito sono ben conservati. L'animale si nutre bene e conserva il suo peso.

Esame della funzionalità visiva. — Gli occhi si muovono liberamente in tutti i sensi, le pupille sono eguali e rispondono prontamente alla luce.

L'esame del campo visivo binoculare rivela una forte limitazione dalla parte temporale sinistra.

Esame dell'occhio sinistro. — Bendato l'occhio destro, l'animale rimane immobile con le orecchie tese, sentendo però il rumore a lui ben noto, fatto dall'inserviente che prepara il cibo, si porta verso il tagliere, schivando abbastanza bene i numerosi ostacoli seminati sulla sua via; viene ripetuta la prova ponendolo sul tavolinetto più sopra ricordato, in sul principio non ne discende, ma quando viene chiamato, col suddetto rumore, salta giù con facilità. Con tutto ciò il cane non mostra

di muoversi volentieri, e pezzi di carne e di pane buttati per terra non sono trovati che dopo una ricerca piuttosto lunga.

Un attento e ripetuto esame fatto nel modo più sopra riportato fa rilevare con molta evidenza un'emianopsia temporale. La zona amaurotica è di circa un terzo maggiore della zona di visione; in questa l'acutezza del *visus* è normale. Le due zone sono separate da una linea verticale. La reazione pupillare normale si produce rapidamente.

Esame dell'occhio destro. — Bendato l'occhio sinistro il cane non si mostra per nulla preoccupato, gira liberamente per il canile, trova facilmente ciò che gli viene gettato; solo nel correre urta gli oggetti che gli stanno a sinistra.

Posto sul tavotino, scende subito senza bisogno di essere chiamato. In riguardo al campo visivo di quest'occhio, la visione dal lato temporale è ottima, dal lato nasale il campo sembra ristretto, questa limitazione, non rappresentando forse che un terzo del campo, è difficile a limitarsi nettamente. Certo che gli oggetti che vengono da sinistra verso destra non sono percepiti sino a che non giungono innanzi all'occhio destro. Reazione pupillare pronta.

L'animale che si è sempre conservato assai bene, viene sacrificato il giorno 8 marzo per mezzo della soffocazione. Il tagliente penetrato della faccia interna dell'emisfero di destra, ha reciso nettamente la bandelletta di questo lato poco all'indietro del chiasma.

Nel resto nulla di anormale. La ferita cranica è guarita perfettamente.

Esperienza III.

14 febbraio 1901. — Cane robusto di media grandezza.

L'operazione procede bene, si nota come al solito dilatazione delle pupille, quando lo strumento tocca la base del cranio; che ridivengono normali dopo circa un quarto d'ora. La ferita si rimargina entro la prima settimana.

In questo frattempo e nei giorni successivi, il cane è sottoposto ad accurate indagini, le quali dànno risultati eguali a quelli ottenuti sull'animale precedente.

L'animale non mostra disturbi generali, solo nel camminare urta qualche volta gli ostacoli che stanno alla sua sinistra. Sensibilità normale. L'olfatto e l'udito non presentano alterazioni rilevabili.

Esame della funzionalità visiva. — La mobilità dei bulbi oculari non ha subìto nessuna alterazione. Le pupille sono eguali, e reagiscono prontamente.

Il campo visivo binoculare è fortemente limitato a sinistra e all'esterno; gli oggetti che si avanzano da questo lato devono quasi giungere davanti all'animale per essere percepiti.

Esame dell'occhio sinistro. — Bendato l'occhio destro, si rileva con le solite prove, che i due terzi esterni del campo visivo di sinistra sono aboliti, nell'altro terzo

l'acutezza visiva è normale. Sebbene col solo occhio sinistro libero il cane si muova mal volentieri, ciò nonostante si guida benissimo, schivando oggetti che gli vengono posti davanti. Per farlo discendere dal solito sgabello è necessario chiamarlo ripetutamente. La pupilla di quell'occhio reagisce con prontezza.

Esame dell'occhio destro. — Bendato l'occhio sinistro il cane si comporta quasi come a occhi sbendati; prova solamente una maggiore difficoltà nello schivare ciò che gli viene posto sulla sinistra. Nella metà temporale destra è conservata benissimo la visione, il campo visivo sembra solo limitato un poco dalla parte nasale. Anche in questo caso questa determinazione non può essere fatta con esattezza. Reazione pupillare normale.

Il giorno 8 marzo è sacrificato per mezzo della soffocazione. La bandelletta destra è recisa nettamente. Lo strumento è penetrato dalla superficie interna dell'emisfero destro.

Esperienza IV.

4 marzo 1901. — Cane piccolo di razza fine.

Anche in questo caso si poterono rilevare *intra vitam* alterazioni del *visus* eguali a quelle esposte nei numeri 2 e 3; però avendo in tutto il mese in cui stette in osservazione presentato forte paresi a sinistra, andatura barcollante (da ubriaco) e forte dimagramento, possono sollevarsi dubbi sulla genuità dell'origine di questi disturbi. Alla sezione si trovò la bandelletta destra tagliata e grossi strati di essudati organizzati che comprimevano in vari punti il cervello.

Nel riferire le ricerche fatte sopra questi quattro cani, non si è parlato mai della reazione pupillare emiopica e dell'esame del fondo dell'occhio, non perchè non siano stati ripetutamente tentati, ma perchè non si riuscì in queste prove a risultati di sorta.

Conclusioni. — Riassumendo in questi quattro casi in cui si recise trasversalmente e completamente la bandelletta destra si ebbe:

Nel primo una fortissima diminuzione del *visus* a sinistra, mentre a destra questo sembrava normale, però si è già fatto osservare che, per quanto la funzione visiva fosse diminuita a sinistra, non si aveva amaurosi.

Nel secondo e nel terzo all'occhio sinistro, cecità completa dal lato temporale e *visus* bene conservato dal lato nasale, con la zona cieca maggiore della visiva; all'occhio destro campo visivo con limiti normali dalla parte temporale, e ridotti forse di un terzo dalla parte nasale; in ambedue gli occhi le due zone erano divise da una linea verticale.

Nel quarto cane questi dati sono confermati; altre lesioni però alterano il quadro fenomenico.

In tre di queste quattro prove, i risultati furono dunque identici, si produsse, in seguito alla lesione della bandelletta, un'emianopsia bilaterale omonima, dal lato interno dell'occhio omonimo alla lesione, e del lato esterno dell'occhio eteronimo.

Nel primo cane il fatto non si presentò ben chiaro, però va notato che da nessuno dei due occhi era cieco, e che in questi casi in cui è necessario *farci rispondere dall'animale* per poter raccogliere i fatti che cerchiamo, non sempre si riesce ad avere chiaramente questa risposta.

Questo caso può però dimostrare che nella decussazione dei fasci ottici, come nelle altre, vi sono delle differenze individuali anche forti.

Da tutto ciò crediamo di poter concludere che le fibre dell'ottico s'incrociano in parte nel chiasma, e che quelle che si incrociano sono in maggior numero e provengono dalle metà nasali delle retine, mentre quelle che non si incrociano provengono dalle metà temporali.

Questi risultati sebbene fossero da prevedersi dopo i lavori sull'anatomia (Panizza, Gudden, Henschen), sulla fisiologia (Munk, Luciani, Witzou) e sulla patologia dei centri e delle vie ottiche, coi quali tutti ci troviamo in accordo, non crediamo sia da tenersi come del tutto inutili, quando si pensi, che i pareri di quelli i quali hanno sperimentato sulle bandellette ottiche sono in contraddittorio fra loro, e, ad eccezione del Bechterew, in contraddittorio anche coi dati della fisiologia e della clinica.

E in una cosa di tanta importanza è pur necessario sapere chi dei tanti ha ragione.

XIV.

Studio delle degenerazioni secondarie al taglio della bandelletta destra nelle vie ottiche periferiche.

Dai fatti osservati nei cani sottoposti al taglio di una bandelletta, e più sopra esposti, siamo stati portati ad ammettere un incrocio parziale delle fibre che decorrono negli ottici, con una prevalenza delle fibre crociate.

Si è già veduto come a queste conclusioni fossero venuti la massima parte di quelli che si occuparono dell'argomento; tantochè, lasciata quasi da parte la questione d'incrocio, gli AA. rivolsero la loro attenzione allo studio della localizzazione delle fibre dirette e crociate, nei vari tratti delle vie ottiche.

Secondo Gudden il fascio diretto è più all'esterno nel nervo ottivo ottico del coniglio, mentre nel cane e nel gatto è posto all'interno. Nella bandelletta il fascio diretto è situato all'esterno in tutte e tre queste specie di animali. Inoltre egli descrisse un altro fascio, il quale passa da una bandelletta all'altra, e che persiste dopo l'enucleazione dei due occhi, decorrendo nel margine interno delle bandellette.

Pick produsse nel coniglio delle lesioni circoscritte della retina, e constatò, col metodo di Marchi, delle degenerazioni ascendenti nelle vie ottiche; le quali per lesioni della parte temporale della retina, venivano a trovarsi all'esterno del nervo ottico e all'interno della bandelletta del lato opposto; per lesione del lato mediale della retina, all'interno nell'ottico e all'esterno nella bandelletta. Invece si trovano sempre sulla parte dorsale, nelle lesioni della parte alta della retina.

Ganser da esperienze sui gatti neonati, concluse che il fascio diretto non ha il decorso assegnatogli da Gudden; ma che decorre sempre all'esterno. A conferma di ciò l'A. riporta la sezione di un epilettico, nel quale il fascio diretto decorreva all'esterno e

completamente separato dal resto delle vie ottiche periferiche. Questa sua idea fu poi generalmente accettata.

Per Monakow il fascio diretto occupa la regione dorso-laterale della bandelletta e dell'ottico.

Questa diversità di risultati sono dovuti, molto probabilmente, a variazioni individuali e allo spostamento delle fibre normali per l'atrofia delle vicine. Infatti Munzer e Singer, i quali sostengono che non vi sono fasci bene individualizzati, ma che le fibre dirette e le crociate decorrono frammiste, attribuiscono a queste cause la sconcordanza dei pareri.

Tutti questi autori, parlano del decorso di questi fasci, senza fare distinzioni tra fibre afferenti e fibre efferenti.

Dal modo come sono condotte la massima parte delle loro esperienze, si capisce che i risultati riguardano le fibre, afferenti, delle quali ottenevano la degenerazione colla enucleazione dei bulbi oculari.

Quelli che eseguirono il taglio delle bandellette prima di ora (Knoll, Brown-Séquard, Bechterew), non riportano nei loro lavori lo studio delle degenerazioni che devono aver seguito questo medesimo taglio.

Però l'esistenza delle fibre efferenti è ora ben provata, e ora noi ci proponiamo di studiarne il decorso nel chiasma, negli ottici e nelle bandellette (Cajal le vide nella retina, Monakow le determinò nei centri). Poichè essendo ora ben provato, essere la retina centro trofico, per le fibre che da lei si dipartono, col taglio della bandelletta si riprodurranno degenerazioni in queste vie (ottico e chiasma), di quelle fibre solamente che hanno il loro centro trofico nell'encefalo.

Dopo avere esposto in succinto le opinioni dei vari autori, sul comportamento delle vie ottiche, passiamo all'esposizione dei risultati ottenuti colle nostre ricerche.

Il materiale del quale ci siamo serviti, c'è stato fornito dai cani di cui si disse nella parte di questo lavoro, che riguarda le ricerche fisiologiche. Lo studio è stato fatto sulle bandellette, sul chiasma e sui nervi ottici, e tutti questi pezzi vennero successivamente, fissati in Müller, trattati col liquido di Marchi, e sezionati dopo inclusione in paraffina.

Queste ricerche riguardano:

I. L'esame della bandelletta sinistra dopo la sezione di quella di destra.

II. Il comportamento delle fibre degenerate nel chiasma, in seguito alla recisione di una bandelletta.

III. Il comportamento di queste stesse fibre nei due nervi ottici.

IV. Il comportamento delle fibre afferenti studiato nel suo moncone centrale della bandelletta recisa.

I. — *Esame della bandelletta di sinistra dopo il taglio trasversale della bandelletta destra.*

Cane n. I. — Nella bandelletta di questo cane furono fatte sezioni trasversali delle porzioni prossimali e distali al chiasma; mentre essa vicino al chiasma è formata di un fascio compatto e rotondeggiante di fibre, nella porzione distale, avvici-

nandosi cioè ai corpi genicolati, è formata di un fascio piuttosto schiacciato dall'alto al basso, il di cui margine superiore è concavo e l'inferiore convesso.

Le fibre in maggior parte sono perfettamente normali, si notano solo alcune fibre degenerate, scarse relativamente al numero delle normali.

Lungo tutta la bandelletta, queste fibre degenerate decorrono principalmente verso i bordi mediale e superiore. Alcune però si trovano anche sparse nella porzione centrale e inferiore di essa; pochissime fibre degenerate si notano presso il margine esterno.

Confrontando le sezioni fatte nella porzione prossimale al chiasma con quelle fatte nella porzione distale, si nota che mentre nelle prime, le fibre degenerate sono più addossate al margine interno e al superiore, e mancano completamente verso il margine esterno, nelle seconde (cioè nelle distali) queste fibre si estendono anche, benchè in scarsa quantità, verso il bordo esterno.

Quindi allontanandoci coll'esame dalle sezioni del chiasma, le fibre degenerate si trovano sparse in un campo sempre più vasto. In quel tratto in cui la bandelletta viene ricoperta dalla lamina ottica, poco prima cioè che essa entri a prendere parte alla formazione del chiasma, si nota, nella zona limitante il bordo mediale di essa un piccolo gruppo di sottili fibre degenerate.

Esse, in alcune sezioni, quasi si confondono con le fibre degenerate già descritte nella bandelletta, e si distinguono da queste ultime più per il loro calibro piccolissimo anzichè per limiti ben definiti.

Questo gruppo di fibre resta sempre localizzato nella zona limitante il margine superiore e mediale della bandelletta, e l'inferiore della lamina ottica; e quando questa non ricopre la bandelletta le fibre scompaiono dalle sezioni.

Diremo in seguito quale valore possiamo dare a queste fibre.

Cane n. II. — Nella bandelletta sinistra di questo cane, al quale fu parimenti recisa la bandelletta di destra, si notano su per giù gli stessi fatti già descritti pel precedente.

Solo qui si nota che le fibre degenerate sono quasi uniformemente sparse, sia nella porzione mediale, sia nella laterale della bandelletta.

Cane n. III. — Della bandelletta sinistra di questo cane, il quale è stato operato come i precedenti, furono fatte sezioni in direzione longitudinale, cominciando dal margine laterale verso il mediale. Anche in queste sezioni si trovano fibre degenerate le quali sono più abbondanti nelle sezioni più vicine al margine mediale.

Essendo stati fatti nella porzione più prossima al chiasma di questa stessa bandelletta dei tagli in direzione trasversale, anche in questi si notò la presenza delle solite fibre sparse nella superficie di sezione di essa, e la presenza di quel gruppo di sottili fibre, già notate nei cani precedenti, poste lungo la zona limitante il margine mediale e superiore della bandelletta e la superficie inferiore della lamina ottica.

Dall'esame di questi preparati risulta dunque che si trovano delle fibre degenerate nella bandelletta e nella lamina ottica del lato opposto a quello, in cui si è praticata la recisione, la quale per la tecnica con cui fu condotta, ha interessato la lamina e la bandelletta dell'altro lato.

Queste fibre per la sede che occupano, si possono dividere in due gruppi: l'un gruppo, costituito in massima parte di fibre grosse e in minima di fibre sottili, decorre sparso nello spessore della bandelletta, l'altro gruppo composto di poche fibre sottili è posto nel margine limitante la bandelletta e la lamina ottica. Evidentemente queste fibre, che sono degenerate, nella bandelletta e nella lamina ottica del lato opposto a quello in cui fu eseguita la recisione, non possono essere che fibre le quali hanno il loro centro trofico, nello stesso lato in cui fu praticata la lesione. Di queste fibre, quelle sparse nella bandelletta corrispondono a quelle descritte dal Gudden, formanti così la commissura che porta il suo nome. Esse, secondo questo autore, avrebbero la cellula di origine nel ganglio genicolato interno di un lato, decorrerebbero lungo il lato interno della bandelletta di questo lato, sino in corrispondenza del chiasma, dove giunte, si ripiegherebbero all'interno incrociando la linea mediana, seguirebbero il margine posteriore del chiasma per applicarsi poi al lato interno della bandelletta ottica dell'opposto lato e raggiungere il corpo genicolato interno del lato opposto a quello, da cui hanno avuto origine.

Però dalla descrizione precedentemente fatta, sulla disposizione di queste fibre nei preparati, risulta, che esse non sono raggruppate in modo tale da poter ritenere che formino un fascio, poichè sono sparse su tutta la superficie di taglio. E se nella bandelletta di un cane esse si sono riscontrate prevalentemente localizzate lungo il margine mediale e superiore (corrispondendo così in certo modo alla disposizione ad esse assegnata dal Gudden) in un altro cane abbiamo veduto che erano sparse, su tutta la sezione di essa. Risulta quindi da queste ricerche che le fibre della commissura di Gudden sono sparse su tutta la superficie della bandelletta ottica trovandosi però a preferenza verso i margini interni e superiori, e che infine la loro disposizione subisce delle variazioni individuali.

A che cosa potrebbe corrispondere quel piccolo gruppo di sottili fibre che abbiamo trovato nella lamina ottica al disopra della bandelletta?

Anche queste sono fibre che devono avere il centro trofico nel lato opposto, e che probabilmente decorrono sempre nello spessore della lamina.

Corrispondono esse alla commissura di Meynert?

Questa commissura è data da due ordini di fibre. Le une vanno dal corpo di Luys di un lato al nucleo lenticolare del lato opposto, le altre fanno seguito alla parte mediana del nastro di Reil e di là vanno al corpo di Luys e al nucleo lenticolare del lato opposto.

L'insieme di queste fibre è situato al di sopra del chiasma e della bandelletta ottica, e, secondo Gudden, nel coniglio la commissura appare nettamente sulla faccia inferiore del cervello, superiormente e un po' all'indietro della bandelletta ottica.

Nell'uomo essa è nascosta nello spessore della sostanza grigia costituente il *tuber cinereum* (Testut).

La posizione del gruppo di fibre da noi riscontrato e precedentemente descritto, non corrisponde perfettamente alla disposizione assegnata dagli autori al fascio di Meynert, e a noi non resta che fare delle ipotesi. Due sono le possibili: o quelle fibre appartengono ad un fascio commessurale non ancora descritto, e di cui noi non saremmo in grado, date le ricerche limitate e lo scopo al quale furono condotte, di

assegnare il decorso e la funzione, oppure esse corrispondono alla commessura del Meynert, che nel cane avrebbe questo decorso.

Crediamo più probabile questa seconda ipotesi.

II. — *Descrizione del comportamento delle fibre degenerate nel chiasma in seguito a recisione della bandelletta destra.*

Per studiare questa parte abbiamo sezionato il chiasma con due piccoli monconi della bandelletta destra, recisa, e della sinistra, attaccati in modo che i tagli interessano prima la superficie di sezione delle due bandellette, passano mano a mano attraverso il corpo del chiasma, e infine attraversano la porzione iniziale dei due nervi ottici che furono lasciati al pari delle bandellette, aderenti ad esso.

All'esame delle prime sezioni così eseguite si nota che nelle due bandellette, subito prima che essi penitrino nel chiasma, il numero delle fibre degenerate è molto differente. Infatti nella bandelletta di sinistra non sono degenerate che quelle poche fibre già prima descritte, e che costituiscono il fascio commessurale di Gudden; esse però a questo livello non si presentano più sparse in tutta la superficie di sezione, ma, nei tagli più prossimi al chiasma sono quasi raccolte in un fascio e addossate al margine mediale e superiore della bandelletta.

Nelle poche sezioni invece del moncone della bandelletta destra rimasta attaccata al chiasma (le quali qui sono poche perchè questa bandelletta fu tagliata nel cane vivente in un punto vicinissimo al chiasma) si nota che un gruppo di numerose fibre degenerate lentamente nell'ordine delle sezioni si porta verso il margine mediale, e dopo che esse sono penetrate nel chiasma di alcune se ne vede la sezione trasversale e di altre la sezione obliqua.

Seguendo, nella serie dei tagli eseguiti, il comportamento di queste fibre degenerate, si riscontrano, sparse in tutta la superficie di sezione, ma sono fortemente prevalenti nella metà destra.

Procedendo sempre dall'indietro in avanti, si osserva che le fibre degenerate si portano sempre più da destra verso sinistra, e in questo lato veniamo a trovare non solo molte fibre degenerate, sparse in tutta la superficie del taglio, ma anche alcuni gruppi di esse, che dànno l'immagine di tanti focolai, sparsi nel campo.

Avvicinandoci al margine anteriore del chiasma, poche sezioni prima che da esso si distacchino i nervi ottici, si vede che le fibre degenerate della metà destra man mano scemano di numero, restando sempre prevalentemente aggruppate lungo il margine esterno.

Nella porzione centrale della superficie di sezione vi sono delle fibre degenerate, le quali rappresentano quelle fibre che lentamente vanno distaccandosi dal lato destro.

Queste fibre si possono seguire nella serie dei tagli, e si vede così che esse si portano nella metà sinistra del chiasma, dove si fanno più numerose che nella corrispondente metà destra, e, fatto importante, si portano prevalentemente a ridosso del bordo esterno, restandone però sempre parecchie, anche in questa metà sinistra, sparse nella porzione più vicina al centro della sezione.

Cane n. I. — Nello studio delle sezioni seriali del chiasma appartenenti a questo soggetto, al quale fu del pari praticata in vita la recisione della bandelletta destra, si notano presso a poco gli stessi fatti, solo le degenerazioni sono più abbondanti.

Adesso, prima di passare alla descrizione del comportamento nei nervi ottici di queste fibre degenerate che abbiamo ora descritte nel chiasma, ci preme far notare quanto dalle precedenti osservazioni si può dedurre.

Queste fibre degenerate sono evidentemente le efferenti, che decorrono nella bandelletta destra per portarsi alle due retine. Però per quanto si è detto più indietro, si capisce che si devono togliere da queste le fibre, che appena arrivate al chiasma, si riflettono verso sinistra penetrando nel modo descritto, nella bandelletta di questo lato per poi spargersi in tutto lo spessore di essa.

Dalla descrizione fatta delle fibre degenerate, che si trovano nel chiasma, risulta che esse non seguono esattamente il decorso loro assegnato dagli autori; giacchè se è vero che di esse la maggior parte passa al lato sinistro (proveniendo dalla bandelletta destra), che nel lato destro sono prevalentemente raggruppate verso il margine esterno, nel lato sinistro invece non occupano la porzione mediale, ma si portano a ridosso del margine esterno come e più di quelle di destra, e in tale posizione decorrono sino alle ultime sezioni del chiasma, sùbito prima che da questo si distacchino i nervi ottici.

III. — *Descrizione del comportamento delle fibre degenerate in seguito a recisione della bandelletta destra, negli ottici.*

Cane n. II. — Abbiamo seguìto più sopra la descrizione del chiasma, fino alle ultime sezioni di esso, nelle quali si comincia a notare la separazione dei due nervi ottici. Seguendo successivamente le prime sezioni dei due nervi subito dopo che si sono distaccati dal chiasma, si nota che, nel nervo ottico di destra, le fibre degenerate sono in minor quantità che in quelle di sinistra, che nel primo sono prevalenti verso la metà esterna, pur trovandosene alcune sparse nel centro delle sezioni, mentre nel secondo mostrano maggiore tendenza a raggrupparsi sempre più verso il bordo esterno, restandone però anche qui alcune sparse nelle parti centrale e interna. Nel loro decorso ulteriore lungo i nervi ottici, queste fibre modificano la loro posizione primitiva, difatti nell'ottico di destra si disseminano subito quasi uniformemente in tutta la sezione del nervo, e in tal posizione si mantengono sino agli ultimi tagli condotti nella porzione terminale di esso, poco prima che penetri nel bulbo oculare.

Le fibre degenerate nell'ottico di sinistra, mantengono per poco la posizione laterale esterna, più sopra notata, esse tendono poi a raggrupparsi successivamente in un numero variabile di fascetti, che, a poco, a poco si portano verso il centro delle sezioni, e finiscono col distribuirsi come fibre isolate e sparse in tutta la sezione del nervo, e così si mantengono fino nelle ultime sezioni eseguite in vicinanza del bulbo oculare.

Cane n. III. — Nelle sezioni praticate sugli ottici di questo cane, si rinvennero gli stessi fatti precedentemente descritti.

Dalla fatta descrizione sul comportamento delle fibre efferenti degenerate nei nervi ottici per la recisione della bandelletta di destra, risulta evidente che anche nel loro percorso lungo questi nervi, fino quasi a raggiungere la retina, esse non decorrono in fascio, ma sono sparse, in tutta la superficie di sezione.

La maggior parte di queste fibre efferenti si porta al nervo ottico di sinistra, dove tendono da principio a raggrupparsi lungo il margine esterno, e seguono quindi una via perfettamente opposta a quella assegnata loro dagli autori, i quali le localizzano sotto forma di un fascio più o meno ben delimitato all'interno del nervo ottico, esse però finiscono col raggiungere la retina sparse in tutto lo spessore del nervo, non differenziandosi quindi dalle fibre degenerate nel nervo ottico di destra, giacchè anche queste alla retina giungono in ordine sparso.

Come si possono mettere d'accordo le osservazioni fisiologiche col decorso, così descritto, di queste fibre?

Nelle ricerche fisiologiche esposte più sopra, si è veduto che, in seguito alla recisione di una bandelletta, si determina un'emianopsia bilaterale omonima. Questo fenomeno è certamente dovuto alla recisione del prolungamento centrale delle cellule ganglionari della retina, nel loro percorso attraverso alla bandelletta recisa.

Quanto abbiamo detto sul comportamento delle fibre efferenti nel chiasma e nei nervi ottici ci autorizza a sostenere, che, come queste fibre si trovano sparse in tutta la sezione dei nervi, così le fibre efferenti non possono attraversare e ottici e chiasma aggruppati in fasci.

Difatti esse sono rappresentate dalle fibre rimaste normali, dopo la recisione della bandelletta, ed anch'esse sono sparse uniformemente in tutto lo spessore dei nervi e del chiasma.

S'intende che da queste fibre normali bisogna sottrarre le fibre efferenti, che provengono dalla bandelletta del lato sinistro, e che devono avere un decorso uguale a quello delle fibre che si vedono qui degenerate. Ma ciò non infirma il nostro ragionamento.

Da questa somiglianza di percorso si potrebbe dedurre che queste fibre efferenti, la cui funzione noi non conosciamo, giunte alla retina, possono anch'esse disporsi in modo analogo alle efferenti provenienti dalle cellule gangliari della retina.

IV. — *Studio del moncone centrale della bandelletta recisa.*

La supposizione fatta poco prima, riguardo al decorso delle vie afferenti, viene confermata dall'esame delle sezioni del moncone centrale della bandelletta recisa, col quale esame noi notiamo numerose fibre degenerate sparse indifferentemente in tutta la sezione della bandelletta.

Quivi infatti le fibre degenerate che si notano, non possono essere che fibre afferenti provenienti dalla retina dell'occhio destro e sinistro.

Le fibre degenerate qui si riscontrano in maggior numero che nelle sezioni condotte attraverso il chiasma dei nervi ottici, nelle quali le fibre degenerate erano le efferenti le quali, avendo il loro centro trofico nei gangli della base non degenerano in questo moncone che stiamo esaminando.

Da queste ricerche istologiche, i cui risultati sono schematicamente rappresentati nella tavola V, possiamo concludere:

1) Le fibre ottiche efferenti, sebbene abbastanza numerose, lo sono assai meno delle afferenti.

2) Tutti e due i sistemi di fibre nelle bandellette, nel chiasma e nei nervi ottici non decorrono raggruppati in fasci, che anzi sono tutte sparse quasi uniformemente.

3) Le fibre efferenti si incrociano nel chiasma e la maggior parte di esse va al nervo ottico del lato opposto.

4) Può darsi che le fibre efferenti, giunte nella retina, assumano una disposizione simile alle afferenti.

5) Il fascio commessurale di Gudden è formato anch'esso di fibre sparse, e non decorre esattamente nella posizione che gli fu assegnata dal suo scopritore.

6) Il fascio commessurale di Meynert probabilmente decorre nel cane, nella lamina ottica e sui margini interni delle bandellette solo per un brevissimo tratto.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE.

Tavola I.

Fig. 1 e 2. — Sezioni vertico-trasversali passanti pei tubercoli quadrigemelli posteriori. Ingrand. 10 diam. Mostra che il *tapetum* è ben conservato.

Fig. 3. — Sezione vertico-trasversale passante pei pulvinar. Ingrand. 10 diam. Mostra la parziale degenerazione del *tapetum*.

Fig. 4. — Sezione vertico-trasversale passante al livello della parte media del talamo. Ingrand. 10 diam. Mostra che il *tapetum* è completamente degenerato.

Fig. 5. — Sezione vertico-trasversale passante a livello del corpo del trigono. Ingrand. 10 diam. Mostra la sezione del corpo calloso, il cui posto è riempito da tessuto cicatriziale.

Tavola II.

Fig. 1. — Sezione vertico-trasversale passante a livello del talamo. Ingrand. 10 diam. Mostra che la degenerazione delle fibre del corpo calloso si continua, attraverso la corona raggiata, nel centro ovale di alcune circonvoluzioni.

Fig. 2. — Sezione vertico-trasversale passante a livello del lobo occipitale. Ingrand. 10 diam. Mostra la degenerazione del *forceps maior* e del *tapetum*.

Fig. *A, B, C, D, E, F, G, H. K.* — Figure schematiche della superficie interna del cervello del cane. Le parti asportate sono colorate in nero.

Tavola III.

Fig. 1. — Sezione orizzontale a livello del centro ovale. Mostra la degenerazione del fascio di fibre corrispondenti al giro marginale della parte lesa.

Fig. 2. — Sezione orizzontale a livello della capsula interna. Mostra la degenerazione di gruppi di fibre sparse sia nel segmento anteriore che nel ginocchio e nel segmento posteriore; come pure anche nel talamo, dopo la lesione del giro marginale.

Fig. 3. — Sezione del midollo spinale. Mostra la degenerazione del segmento posteriore del cordone laterale più a destra che a sinistra, dopo la lesione del giro marginale e del fornicato.

Fig. 4. — Sezione del midollo spinale di un cane operato di solo giro fornicato. Ingrand. 10 diametri. Mostra l'assenza completa di fibre degenerate.

Fig. 5. — Sezione vertico-trasversale passante per i tubercoli quadrigemelli anteriori. Ingrand. 5 diametri. Mostra la degenerazione in basso (3° inferiore) delle radiazioni ottiche di Gratiolet (*Rth*) in ambo i lati.

Fig. 6. — Sezione vertico-trasversale passante per la parte mediana del talamo. Ingrand. 10 diametri. Vedesi degenerato il lato interno della bandelletta ottica (*II. n.*) e gran parte della commissura di Meynert (*CM*).

Fig. 7. — Sezione vertico-trasversale passante per i pulvinar. Ingrand. 10 diametri. Mostra la lesione primitiva dei *pulvinar*, e la degenerazione secondaria delle parti pulvinariche rimaste (*Pul.*) e dei corpi genicolati esterni (*Cge*).

Tavola IV.

Fig. 1. — Sezione vertico-trasversale passante per i pulvinar. Ingrand. 10 diametri. Mostra la degenerazione del fascio delle radiazioni ottiche di Gratiolet allo stesso punto, e la degenerazione dello *stratum zonale* nei tubercoli quadrigemelli anteriori.

Fig. 2. — Sezione vertico-trasversale del lobo occipitale passante a livello dei tubercoli quadrigemelli posteriori. Ingrand. 10 diametri. Vedesi la degenerazione parziale delle radiazioni ottiche di Gratiolet (*Rth.*).

Fig. 3. — Sezione vertico-trasversale del lobo occipitale passante a livello dei tubercoli quadrigemelli anteriori. Ingrand. 10 diametri. La degenerazione delle radiazioni ottiche di Gratiolet è localizzata a quella parte di esse che circondano il *subiculum* del corno occipitale del ventricolo laterale.

Fig. 4. — Sezione vertico-trasversale passante a livello dei *pulvinar*. Ingrand. 10 diametri. La degenerazione è identica a quella della fig. 3.

Fig. 5. — Sezione vertico-trasversale passante per il nucleo anteriore del talamo. Ingrand. 10 diametri. Le parti non asportate del nucleo anteriore (*Na.*) sono degenerate.

Fig. 6. — Sezione vertico-trasversale del lobo occipitale. Grandezza naturale. Mostra la degenerazione quasi totale della stria di Gennari.

Tavola V.

Fig. I. — Sezione trasversale della bandelletta ottica di destra, praticata nel segmento posteriore al taglio eseguito sull'animale vivente. — *A*, bordo mediale. — *B*, bordo laterale. — *C*, fascio di Meynert. — *D*, fibre afferenti degenerate. — *E*, peduncolo cerebrale.

Fig. II. — Sezione trasversa della bandelletta ottica di sinistra. — *A*, bordo mediale. — *D*. bordo laterale. — *C*, fascio di Meynert. — *D*, fibre del fascio di Gudden degenerate. — *E*, peduncolo cerebrale.

Fig. III. — Nervo ottico destro. Sezione trasversa. — *A*, lato interno. — *B*, lato esterno. — *C*, fibre efferenti dirette degenerate.

Fig. IV. — Nervo ottico sinistro. Sezione trasversa. — *A*, lato interno. — *B*, lato esterno. — *C*, fibre efferenti crociate degenerate.

ABBREVIAZIONI COMUNI ALLE TAVOLE.

Cc. corpo calloso.
Cip. segmento posteriore della capsula interna.
CR. corona raggiata.
Fm. forceps maior.
m. tessuto cicatriziale.
Rth. radiazioni ottiche di Gratiolet.
Tg. corpo del trigono.
Tl. talamo.
Tp. tapetum.
Vl. ventricolo laterale.
VOC. corno occipitale del ventricolo laterale.
Cge. corpo genicolato esterno.
Cop. commissura posteriore.
Com. commissura grigia.
Fli. fascio longitudinale inferiore.
ft. fascio di Türck.
FM. fasciculus retroflexus di Meynert.
Lme. lamina midollare esterna.
Lmi. lamina midollare interna.
Ln. locus niger di Sömmering.
n. lato interno.
t. lato esterno.
Nc. nucleo caudato.
Zr. zona reticolata.
pCR. piede della Corona Raggiata.
Cgi. corpo genicolato interno.
Pul. pulvinar.
CM. commissura di Meynert.
RM. nastro di Reil mediano.
strz. stratum zonale del pulvinar.
Sge. sostanza grigia sottoependimale.
SR. sostanza reticolata.
SgAq. sostanza grigia dell'acquedotto.
Tqa. tubercoli quadrigemelli anteriori.
tth. thaenia thalami.
Tc. tuber cinereum.
W. campo di Wernike.
p. pes peduncoli.
Ne. nucleo esterno del talamo.
VA. fascio di Vicq d'Azir.
II. bandelletta ottica.

Lit. Tacchinardi e Ferrari-Pavia

Lit. Tacchinardi e Ferrari-Pavia

Fig.1.
Fig.2.
Fig.3.
Fig.4.
Fig.5.
Rth
Fh
VOC
Fh
Fh
Fig.6.
bth
Ne
Ni
Ni
Ne
Lme
Com
VA
Lme
W
m
t
n
H
Tqa
m
CM
Fig.7.
Pul
Pul
Tqa
Tqa
Cge
Cgi
CM
CL
Ln
FM
Ln
FM
Lit. Bacchinardi e Ferrari - Pavia

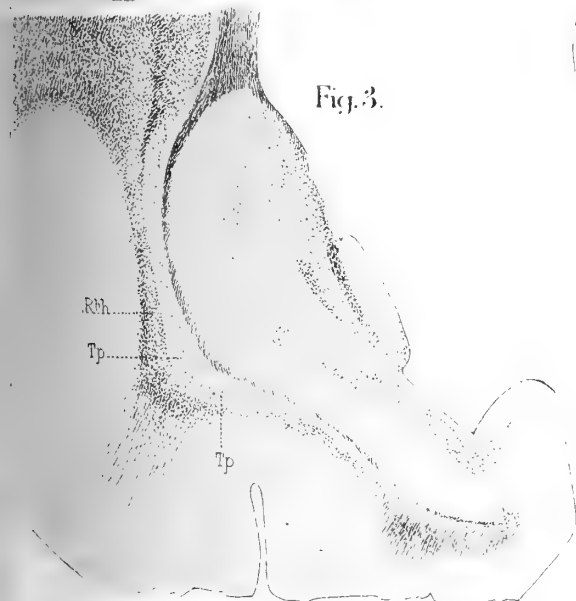
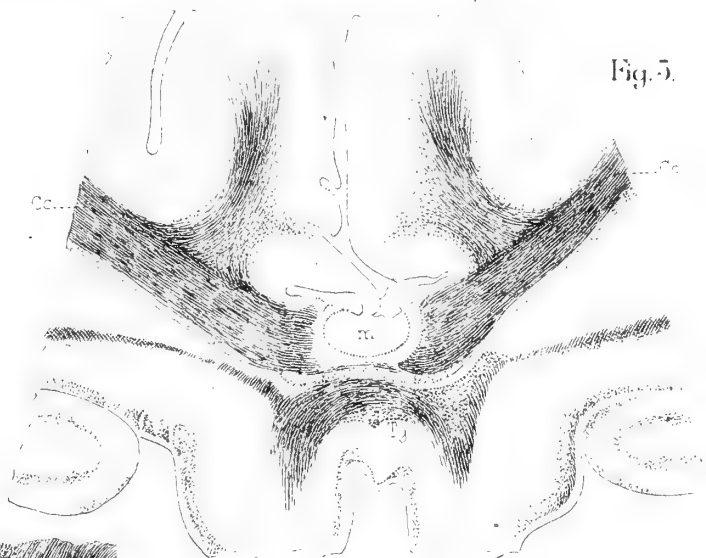
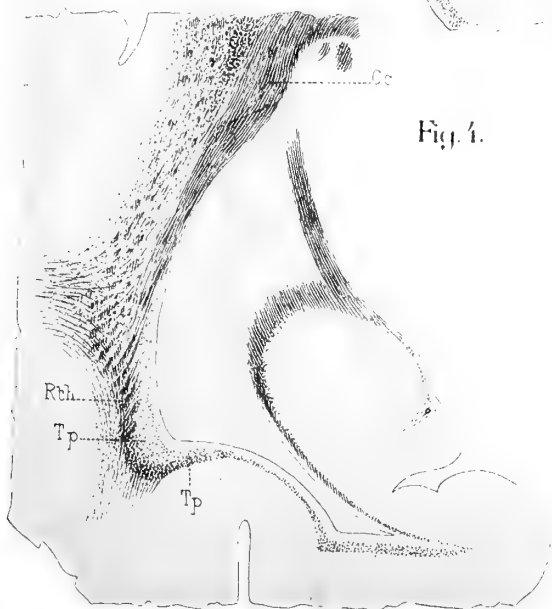
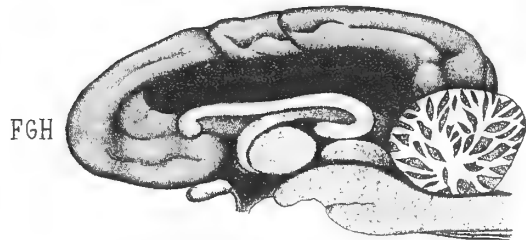
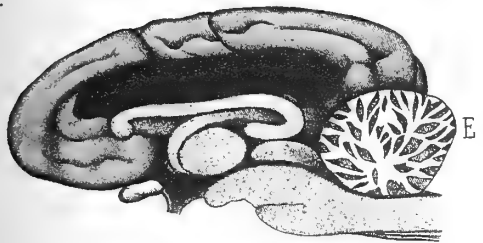
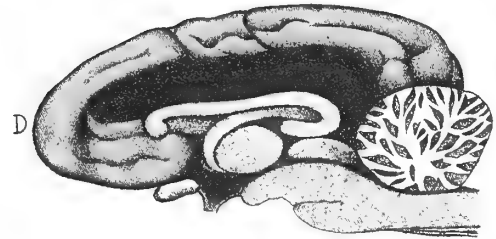
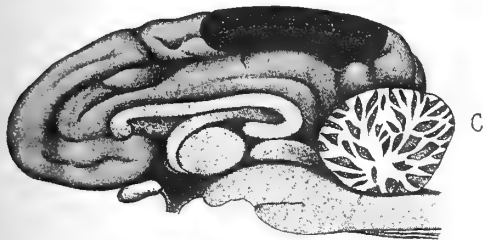
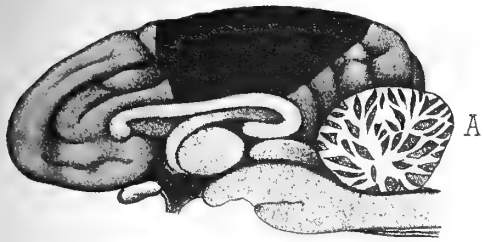
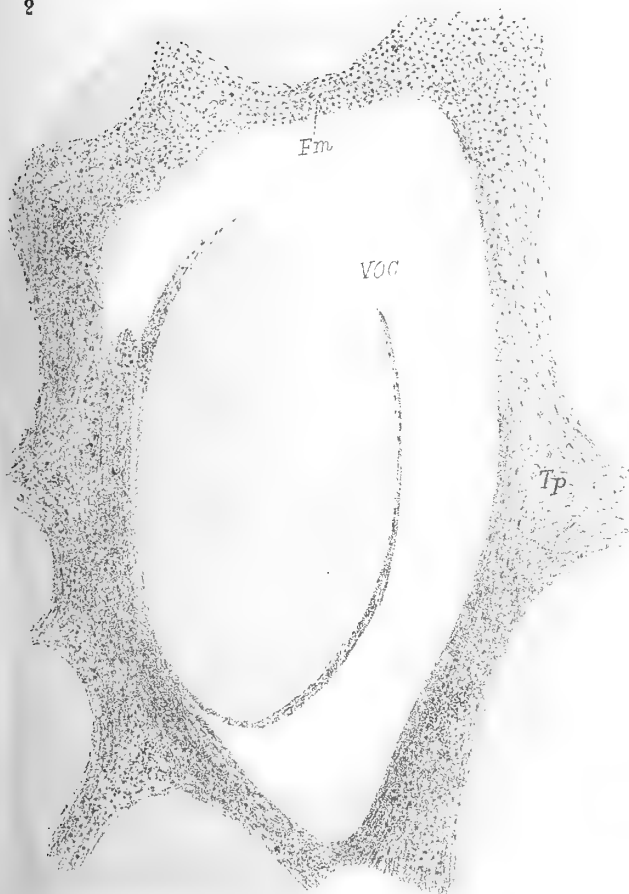
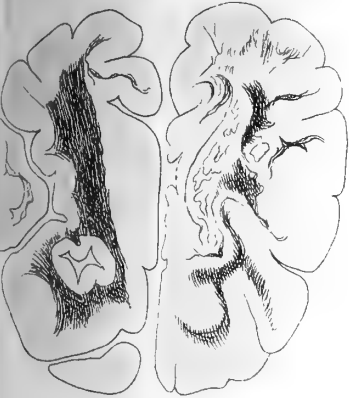
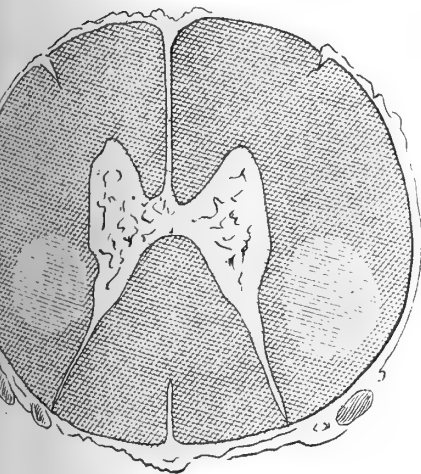
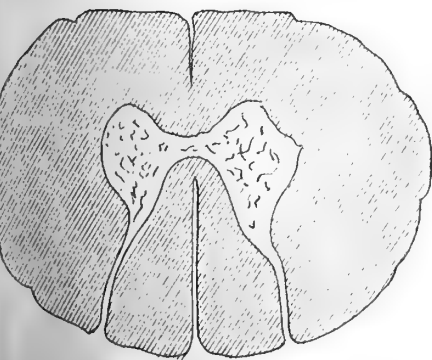
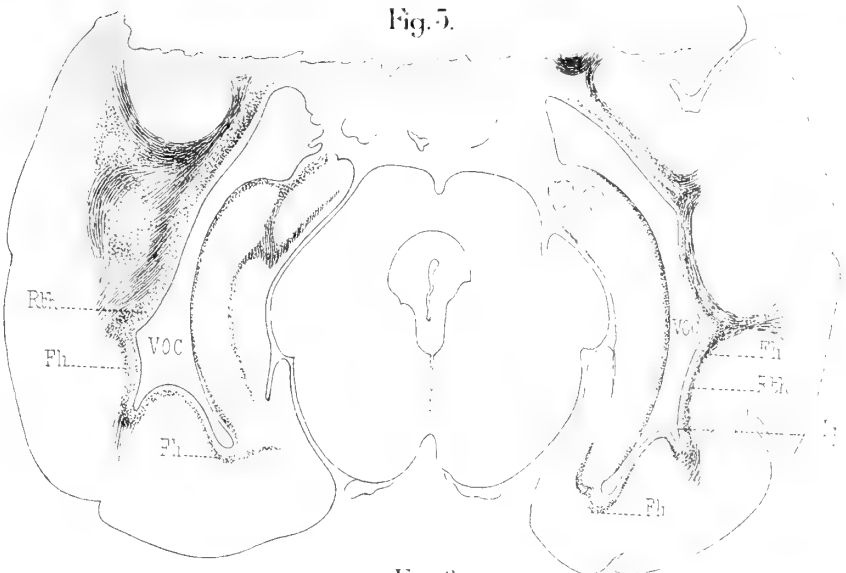
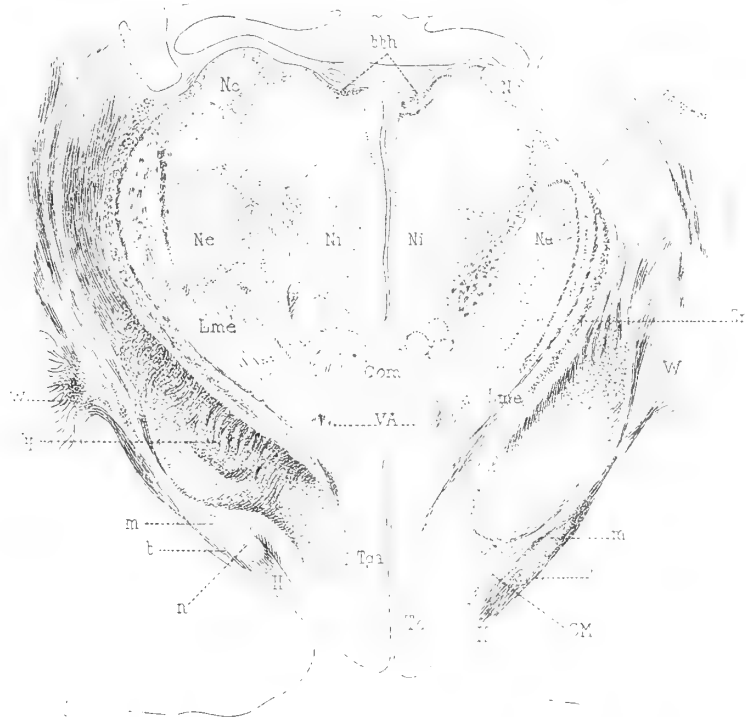
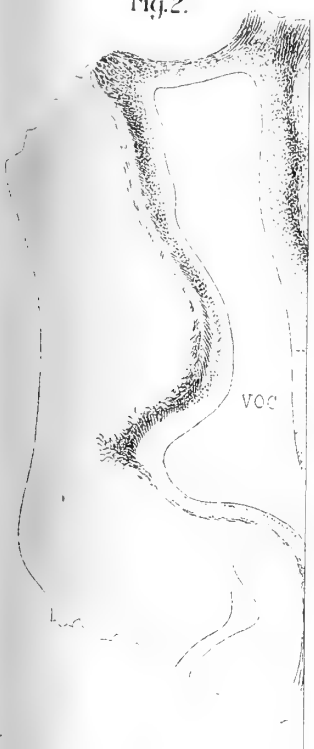



Fig.2.

Fig. 1.

Fig. 5.

Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 3.

Fig. 6.

Lit. Tacchinardi e Ferrari - Pavia

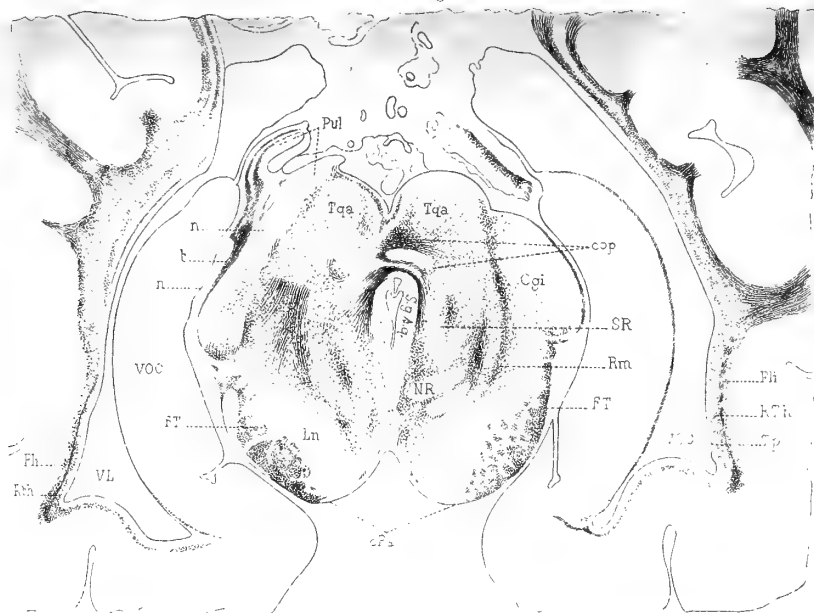
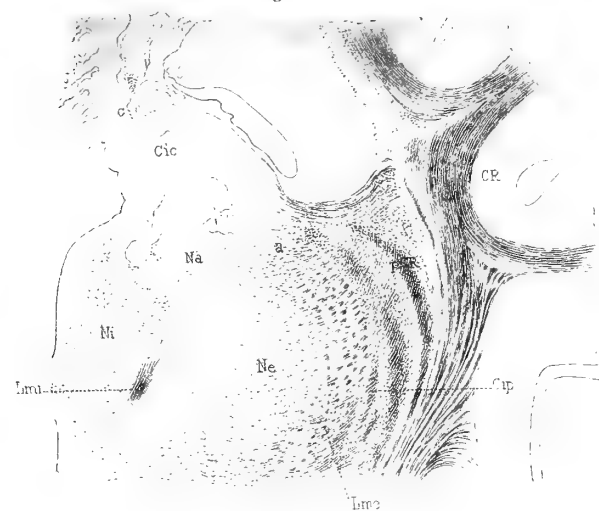
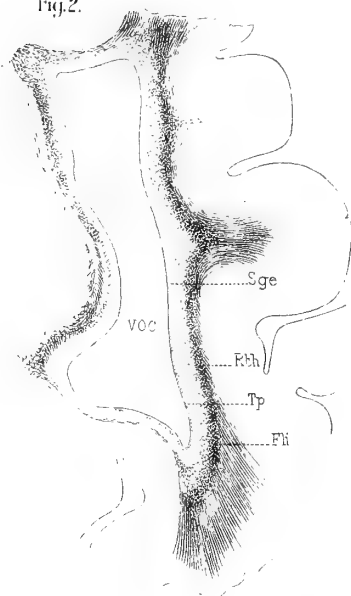
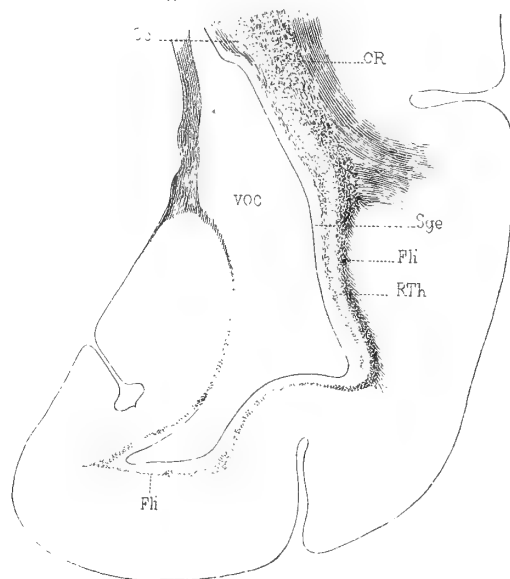
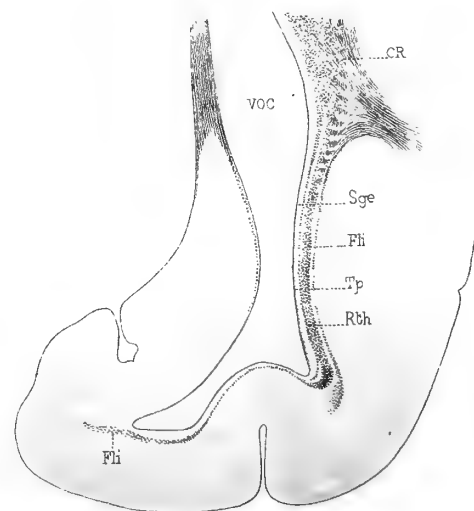
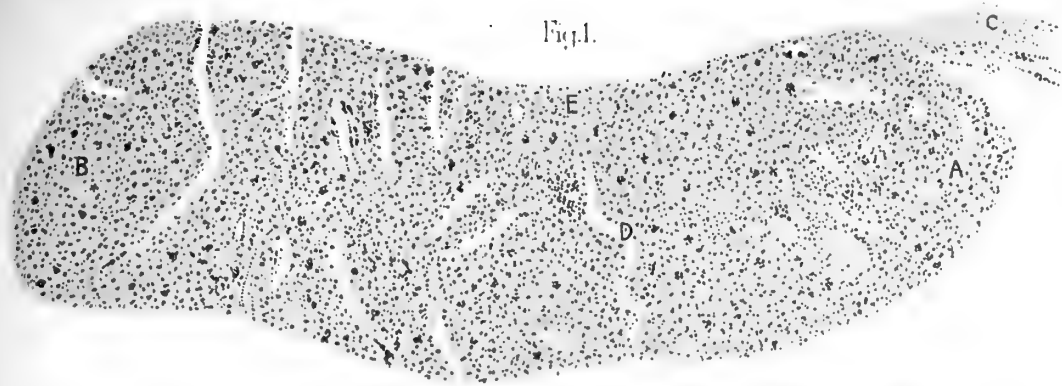
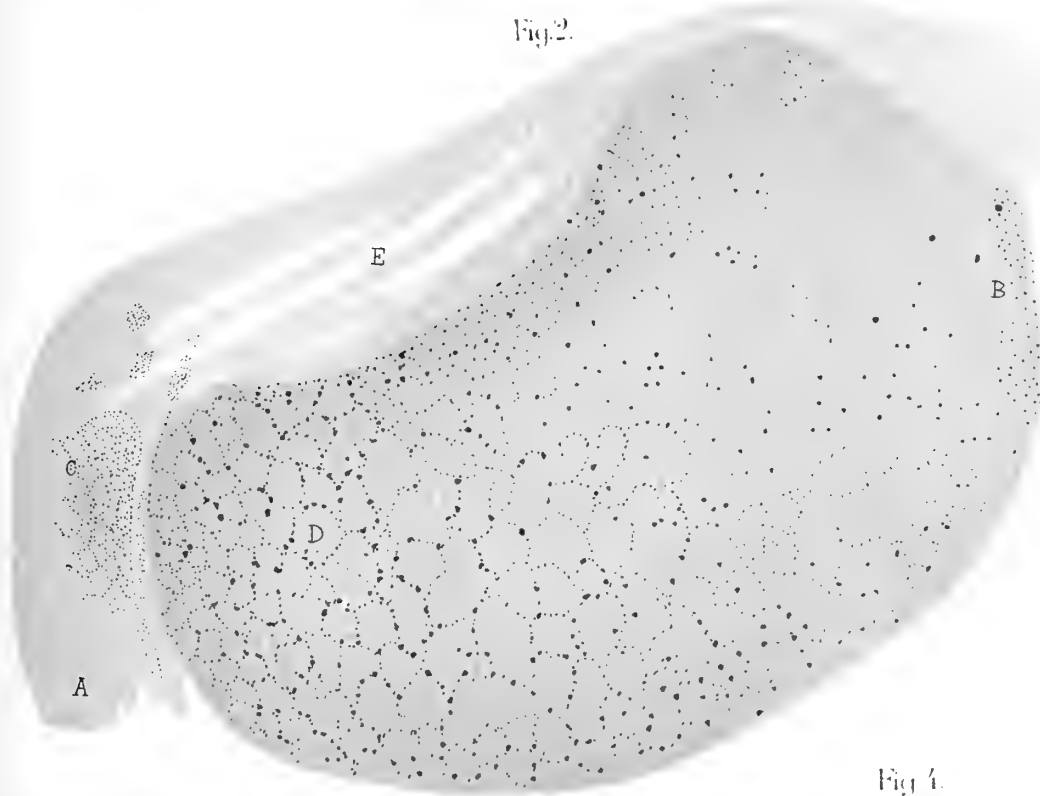
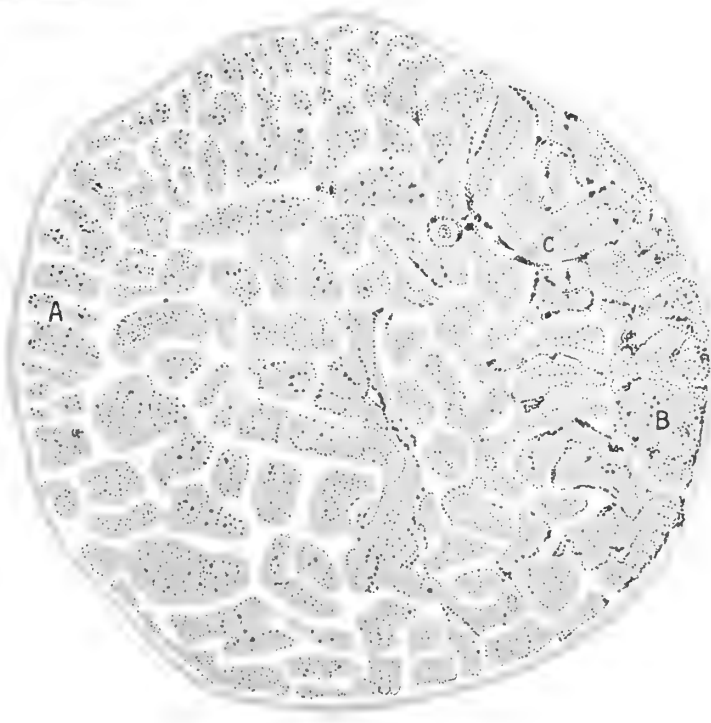



Fig. 1.
A
B
C
D
E
Fig. 2.
A
B
C
D
E
Fig. 3.
A
C
Fig. 4.
A
B
C

Rocce a pleonasto di S. Piero in Campo (Elba) [1].

Memoria del Corrispondente C. VIOLA e di M. FERRARI

letta nella seduta del 1° maggio 1910

(con una tavola)

Allo scopo di provvedere ad un migliore assetto dei minerali facenti parte della collezione annessa all' Istituto di mineralogia dell' Università di Parma, si dovettero osservare molti esemplari raccolti con poco ordine nel vecchio museo, che fra breve avrà sede più ampia e decorosa in un nuovo edificio, in parte ad esso destinato.

Vennero così tra le mani alcuni pezzi di rocce brune, compatte, ricoperti alle superficie non di frattura da piccoli cristalli lucenti e neri. I cartellini che distinguono tali pezzi portano le indicazioni seguenti: « Ferro calcare siliceo amorfo con anfibolo monostico nero su roccia dioritica; presso il cimitero di S. Piero in Campo, Elba »; « Pirosseno nero cristallizzato sulla diorite di S. Piero in Campo, Elba »; « Anfibolo monostico nero perfetto su serpentino ferruginoso. Cimitero di S. Piero in Campo, Elba »: « Pirosseno nero cristallizzato su roccia serpentinosa verde del cimitero di S. Piero in Campo all' Elba »; « Augite in cristalli neri, lago di Baikal », ed inoltre, « Baikalite, ossia pirosseno verde opaco del lago di Baikal in Siberia » [2].

L'aspetto dei cristalli ed in special modo la presenza ad un'estremità di questi di una faccia normale alla zona verticale, nonchè la spiccata striatura delle facce di questa zona, fece nascere il dubbio di una determinazione inesatta o di un inesatto collocamento; dubbio tanto più accresciuto dall'apparenza assai simile dei varî esemplari, un tempo giudicati così diversi gli uni dagli altri non solo, ma ritenuti anche di diverso giacimento.

Per ciò si esaminarono al microscopio alcuni piccoli frammenti dei presunti cristalli di anfibolo o di pirosseno e tosto, sia per la frattura nettamente concoide e la mancanza di qualsiasi sfaldatura visibile, sia per la loro estinzione, sia ancora

[1] Lavoro eseguito nell' Istituto di mineralogia della R. Università di Parma. Le analisi chimiche tanto della roccia quanto dello spinello furono fatte due volte; una da C. Viola e l'altra, per confronto, da M. Ferrari. Anche le osservazioni microscopiche furono fatte da entrambi, indipendentemente. La determinazione delle forme della tormalina fu compiuta da M. Ferrari e controllata da C. Viola.

[2] I presunti esemplari del lago di Baikal appartengono alla collezione del conte Filippo Linati, che risale ai primi anni del secolo scorso; gli altri, dell' Elba, pervennero al museo dalla raccolta del nob. cav. Giovanni Bonaventura Porta, la quale è posteriore alla prima.

per il forte dicroismo (celeste intenso e celeste chiaro) ed i colori di assorbimento, essi furono riconosciuti quali tormaline.

Fatte poi preparare dalla ditta Voigt e Hochgesang alcune sezioni sottili della roccia, su cui i ricordati cristalli sono variamente sparsi, si riconobbe essere questa essenzialmente una roccia spinellifera e differire nei varî esemplari quasi soltanto per la presenza o l'assenza della tormalina ed inoltre per la quantità mutevole dello spinello rispetto a quella degli altri minerali.

Rocce spinellifere dell'isola d'Elba sono state studiate dall'Aloisi [1] nell'Istituto di mineralogia dell'Università di Pisa. Esse furono raccolte, dice l'autore, in una gita fatta col prof. G. d'Achiardi nel 1904 all'isola d'Elba e rinvenute lungo la strada, che da S. Piero conduce alle cave di magnesite, vicino al cimitero del paese. Uno di noi (Viola) ebbe occasione di vedere le sezioni sottili di tali rocce e si convinse essere queste, se non identiche, certamente assai simili a quelle rinvenute, sotto indicazioni fallaci, nel museo mineralogico dell'Università di Parma. Una differenza notevole però è d'uopo ricordare: le rocce studiate dall'Aloisi non sono ricoperte, alle superficie libere, dai cristalli di tormalina, che si vedono numerosissimi e stipati sulle rocce della collezione parmense.

Considerata l'abbondanza dello spinello contenuto in queste ultime rocce, ci si propose di separarlo da esse e di studiarne la composizione, scegliendo a tal fine quello, fra i varî esemplari, che all'esame microscopico rivelava una maggiore ricchezza del minerale. Ma, prima di procedere all'analisi dello spinello, si credette non inutile di sottoporre all'indagine chimica anche la roccia, dalla quale si voleva separarlo: ciò sopra tutto per porre in evidenza le relazioni di composizione della roccia e quella del minerale dominante ed in secondo luogo per studiare in modo più completo un tipo di rocce spinellifere, che si scosta alquanto, come più innanzi apparirà, dai due tipi analizzati dall'Aloisi e che sembra piuttosto avvicinarsi a quello, intorno al quale egli stesso richiama l'attenzione, perchè distinto dall'assenza della tormalina e dall'abbondanza notevole dello spinello [2]. Si pensò in fine, dopo compiute le analisi così della roccia come di quest'ultimo, di misurare alcuni angoli dei cristalli di tormalina sparsi sulle superficie dei diversi pezzi di roccia; il che si fece soltanto col proposito di riconoscere l'abito più comune, le forme più sviluppate e le combinazioni più frequenti di tali cristalli.

La roccia, divenuta oggetto di questo breve studio, che si crede utile di far conoscere, ha, come tutte le altre simili ricordate, un colore bruno-verdastro e leggeri riflessi quasi sericei; è radioattiva, molto compatta, apparentemente omogenea, durissima e pesante; il suo peso specifico è infatti 3.6.

Le sezioni sottili di essa (Tav. I, nn. 1 e 2) mostrano dominare, fra i componenti minerali, uno spinello verde, riferibile per carattere e per composizione alla varietà, nota sotto il nome di *pleonasto*: questo spinello è accompagnato da poca clo-

[1] Aloisi P., *Rocce a spinello dell'Isola d'Elba*. Processi verbali della Società Toscana di Scienze Naturali. Adunanza del dì 8 luglio 1906. Pisa, 1906.

[2] Aloisi P., loc. cit.

rite, pochissima mica e da una lieve quantità di magnetite. La clorite ha colore azzurro pallidissimo ed è leggermente dicroica; ha un'indice di rifrazione medio = 1.58, debole birifrangenza positiva, angolo degli assi ottici quasi nullo. La mica è bianca, con indice di rifrazione medio = 1.62.

In sezioni sottili di un'altra roccia (Tav. I, nn. 3 e 4) assai simile alla precedente, ma meno ricca di pleonasto, si osservano, oltre i minerali dianzi ricordati, anche lamine di tormalina con forte birifrangenza e dicroismo notevolissimo.

Ma nelle sezioni della roccia analizzata, sebbene osservate con cura dall'uno e dall'altro di noi, non fu possibile vedere tormalina.

Le determinazioni quantitative di tale ultima roccia rivelarono la seguente composizione per 100 parti di sostanza, ridotta in polvere finissima e seccata a 110°:

SiO_2	2.51
Al_2O_3	59.04
Fe_2O_3	20.13
MgO	17.26
CaO	2.35
Na_2O	0.50
K_2O	0.16
	101.95

Per la determinazione della silice, dell'ossido di ferro, dell'allumina, della calce e della magnesia fu disgregata la roccia con pirosolfato di potassio; per quella degli alcali venne usato il residuo della disgregazione con acido fluoridrico e qualche goccia di acido solforico. Questo residuo fu ripetutamente trattato con acqua calda, lavato con cura e filtrato; il potassio ed il sodio furono ricercati e determinati nel liquido acido, risultante dal trattamento anzidetto e dalle acque di lavaggio.

Appare, dai numeri sopra riferiti, una somma notevolmente superiore a 100. Se però, in luogo di computare tutto il ferro sotto forma ferrica, se ne riduce allo stato ferroso una parte proporzionale a quella, che il calcolo ha dimostrato essere presente nel pleonasto sotto la forma di ossidazione inferiore, la somma discende a 100.67, ossia ad un numero attendibilissimo. Il che si vede dai numeri seguenti:

SiO_2	2.51
Al_2O_3	59.04
Fe_2O_3	7.33
FeO	11.52
MgO	17.26
CaO	2.35
Na_2O	0.50
K_2O	0.16
	100.67

Nè può giudicarsi arbitraria la riduzione così fatta di una parte dell'ossido ferrico a ferroso, ritenendo cioè che tutto il ferro della roccia si trovi nello spinello, poichè,

come si è veduto, le indagini microscopiche hanno dimostrato che al pleonasto sono associate soltanto piccolissime e trascurabili quantità di altri minerali ferriferi.

Senza dubbio sarebbe stato desiderabile di poter compiere, così della roccia come del pleonasto, la determinazione diretta del ferro contenutovi sotto la forma di ossidazione inferiore; ma la necessità di dover ricorrere al pirosolfato di potassio per decomporre lo spinello, e per ciò anche la roccia, rese inevitabile l'ossidazione parziale di questo ferro, il quale non potè quindi essere determinato se non per mezzo del calcolo, che ora sarà riferito.

L'analisi dello spinello, fatta computando tutto il ferro allo stato ferrico, dimostrò la seguente composizione per 100 parti di sostanza:

Al_2O_3	58.00
Fe_2O_3	25.74
MgO	15.71
CaO	1.79

Da questi dati si possono ricavare i numeri molecolari per $R_2'''O_3$ ed $R''O$:

	%	pesi molecolari	numeri molecolari per R_2O_3	e RO
Al_2O_3	58.00	102.2	0.5676	—
Fe_2O_3	25.74	160.0	0.1609	—
MgO	15.71	40.3	—	0.3896
CaO	1.79	56.0	—	0.0319
			0.7285	0.4215

Dai quali numeri molecolari si vede essere il rapporto $R_2'''O_3 : R''O = 0.7285 : 0.4215$.

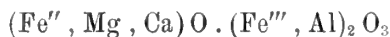
Poichè la composizione dello spinello richiede che tale rapporto sia eguale ad 1:1, una parte dell'ossido ferrico deve essere ridotta a ferroso e precisamente tanta, quanta si può calcolare dalla differenza

$$\begin{array}{r} 0.7285 \\ 0.4215 \\ \hline 0.3070 \end{array},$$

affinchè il rapporto $R_2'''O_3 : R_2''O$ diventi eguale al rapporto 1:1. Fatta tale riduzione si ottiene:

	%	pesi molecolari	numeri molecolari per R_2O_3	e RO
Al_2O_3	58.00	102.2	0.5676	—
Fe_2O_3	9.37	160.0	0.0586	—
FeO	14.73	72.0	—	0.2046
MgO	15.71	40.3	—	0.3896
CaO	1.79	56.0	—	0.0320
	99.60		0.6262	0.6262

Di guisa che lo spinello analizzato risulta essere un pleonasto, avente la composizione rappresentata dalla formula:

$$(Fe'', Mg, Ca)O . (Fe''', Al)_2 O_3$$

e contenente 9.37 % di Fe_2O_3 e 14.73 % di FeO.

Esso fu separato dalla roccia disgregando più volte la polvere finissima di quest'ultima con acido fluoridrico ed acido solforico e lavando con cura il residuo dapprima con acqua acidulata con acido cloridrico, in fine con acqua pura.

Così separato e depurato, lo spinello ha un P. S., il quale, facendo uso del picnometro e di grammi 4.345 di minerale, fu trovato 3.67; appare di colore verde scuro ed ha un'indice di rifrazione che, determinato al microscopio per mezzo di olii fortemente rifrangibili, si aggira intorno ad 1.72.

Nelle sezioni sottili il minerale è trasparente e mostra un colore verde sporco, che si fa bruno verso i margini alterati dei singoli cristalli: i quali ultimi, sebbene spesso ed in vario modo associati, non dànno mai a vedere la geminazione tanto caratteristica dello spinello.

Come si è detto, la roccia analizzata non contiene *tormalina*. I cristalli di questo minerale, neri e lucenti, hanno un P. S. che, determinato per mezzo della bilancia di Westphal, oscilla fra 3.129 e 3.122: sono sparsi sulle superficie non di frattura della roccia, sulla quale spesso appoggiano con le facce del prisma, in modo da lasciar libere le due terminazioni.

Quelli maggiormente e meglio sviluppati mostrano tre figure diverse. Alcuni sono più lunghi che larghi; altri hanno quasi lo stesso sviluppo così secondo la lunghezza che secondo la larghezza; in altri è tozza la zona verticale ed appaiono più evidenti le forme terminali.

Il pedio inferiore $\}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\{$ è molto sviluppato in tutti i cristalli. Oltre a tale pedio, furono osservate (fig. 1) le forme:

$$\}100\{, \}11\bar{1}\{, \}10\bar{1}\{, \}11\bar{2}\{, \}\bar{1}2\bar{1}\{, \}\bar{1}00\{, \}\bar{2}1\bar{2}\{, \}\bar{1}0\bar{1}\{, \}4\bar{1}\bar{1}\{.$$

Fig. 1.

Nei cristalli più lunghi che larghi, rappresentati nella fig. 2, la combinazione più comune è:

$$\}11\bar{1}\{\,.\,\}100\{\,.\,\}10\bar{1}\{\,.\,\}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\{\,.\,\}\bar{1}00\{\,.\,\{\bar{2}1\bar{2}\{\,.$$

Fig. 2.

Le facce di $\}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\{$, $\}\bar{1}00\{$ e $\}\bar{2}1\bar{2}\{$ sono opache e rivestite da una patina rossiccia, tenera, che si può togliere con l'unghia e che vista al microscopio ha i caratteri in parte della mica con dicroismo forte, in parte del talco. Fra la patina appaiono piccolissimi cristalli di pleonasto aventi aspetto ottaedrico e facce ben nette. Il prisma esagonale di secondo ordine $\}10\bar{1}\{$ è bene sviluppato ed ha facce lucenti, striate secondo linee parallele allo spigolo verticale. Anche le due piramidi trigonali $\}100\{$ ed $\{11\bar{1}\{$ offrono facce lucentissime e bene sviluppate; possono per ciò queste ultime forme servire per l'orientazione dei cristalli, le misure di alcuni dei quali dimostrarono i seguenti angoli polari medî:

$$(111):(100) = 27^\circ{,}54',$$
$$(111):(11\bar{1}) = 46^\circ{,}57',$$

che sono un poco più elevati di quelli riferiti dal Dana.

Nei cristalli di tormalina tanto lunghi quanto larghi, la cui immagine è rappresentata dalla fig. 3, si osserva un maggior numero di forme, delle quali la combinazione più frequente è:

$$\}11\bar{1}\{\,.\,\}100\{\,.\,\}10\bar{1}\{\,.\,\}11\bar{2}\{\,.\,\}\bar{1}2\bar{1}\{\,.\,\}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\{\,.\,\{\bar{1}00\{\,.\,\}\bar{2}1\bar{2}\{\,.\,\}\bar{1}0\bar{1}\{\,.\,\}\bar{4}\bar{1}\bar{1}\{\,.$$

Fig. 3.

Anche in questi cristalli il prisma esagonale di secondo ordine $\}10\bar{1}\{$ ha facce lucenti, bene sviluppate e con striatura parallela allo spigolo verticale; il prisma trigonale di primo ordine positivo $\}\bar{1}2\bar{1}\{$ ha facce strette, striate, lucenti e più sviluppate di quelle del prisma trigonale negativo $\}11\bar{2}\{$.

La terminazione superiore è formata dalle due piramidi trigonali $\}100\{$ e $\}11\bar{1}\{$, ed appare sempre bene sviluppata come la inferiore, formata dal pedio $\}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\{$ e dalle quattro piramidi trigonali $\}\bar{1}00\{$. $\}\bar{2}1\bar{2}\{$. $\}\bar{1}0\bar{1}\{$ e $\}\bar{4}\bar{1}\bar{1}\{$: il pedio $\}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\{$ è rigato nelle direzioni di tali piramidi e dà buoni riflessi. Ma per l'orientazione di questi cristalli si prestano ottimamente i tre prismi verticali.

Le due piramidi trigonali $\}\bar{1}00\{$ e $\}\bar{2}1\bar{2}\{$ sono sviluppate in modo eguale, ma mentre la prima ha facce lucenti, la seconda mostra facce opache. La stessa differenza ha luogo tra le facce delle due piramidi esilissime $\}\bar{1}0\bar{1}\}$ e $\}\bar{4}\bar{1}\bar{1}\{$.

I cristalli tozzi secondo la zona verticale, in cui appare quindi più esteso il pedio $\}\bar{1}\bar{1}\bar{1}\{$ (fig. 4), hanno maggiormente sviluppata la piramide trigonale $\}11\bar{1}\{$ che la piramide fondamentale $\}100\{$; talvolta anzi lo sviluppo di quest' ultima è lievissimo rispetto a quello della prima. Nella terminazione opposta appaiono sviluppate le due piramidi trigonali $\}\bar{1}\bar{1}0\{$ e $\}\bar{1}\bar{4}\bar{1}\{$ assai più delle due $\}\bar{1}00\{$ e $\}\bar{2}\bar{2}1\{$, contrariamente a quanto ha luogo nei cristalli di tormalina, nei quali il prisma è più sviluppato (fig. 2 e 3).

Fig. 4.

Intorno alla zona verticale devesi ricordare che, oltre il prisma esagonale $\}1\bar{1}0\{$ ed i due prismi trigonali $\}11\bar{2}\{$, $\}\bar{1}2\bar{1}\{$, si presentano anche prismi ditrigonali, da riferirsi alle forme $\}23\bar{5}\{$ ed $\}\bar{1}4\bar{3}\{$.

Infatti si osservarono gli angoli seguenti:

	Calcolati
$(\bar{1}\bar{1}2):(\bar{3}\bar{1}4) = 20°.00'$	$19°.6'\frac{1}{2}$
$(2\bar{1}\bar{1}):(4\bar{3}\bar{1}) = 19°.45'$	"
$(\bar{1}2\bar{1}):(\bar{1}4\bar{3}) = 20°.10'$	"
$(2\bar{1}\bar{1}):(4\bar{1}\bar{3}) = 19°.18'$	"

Inoltre

$(23\bar{5}):(11\bar{2}) = 10°.58'$	$10°.53'\frac{1}{2}$
$(5\bar{2}\bar{3}):(2\bar{1}\bar{1}) = 11°.10'$	"

È da notare che le due forme $\}23\bar{5}\{$ ed $\}\bar{1}4\bar{3}\{$ sono fra loro armoniche rispetto alle forme $\}11\bar{2}\{$ (vedi fig. 1).

Gli angoli, dai quali si poterono riconoscere le forme sopra ricordate sono i seguenti:

$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}00) = 27°.35' \quad \text{peso } 10$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{2}1\bar{2}) = 27° \text{ —} \quad \text{» } 1$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(00\bar{1}) = 27°.40' \quad \text{» } 10$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0) = 27°.56' \quad \text{» } 10$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{2}\bar{2}1) = 27° \text{ —} \quad \text{» } 1$$

la cui media è 27°.16'.

Inoltre:

$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}0\bar{1}) = 14°.15' \quad \text{» } 8$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}\bar{4}) = 14° \text{ —} \quad \text{» } 1$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}\bar{1}) = 14°.40' \quad \text{» } 8$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}\bar{4}\bar{1}) = 14°.29' \quad \text{» } 6$$

la cui media è $14°.26'\frac{3}{4}$.

In alcuni pochi cristalli apparve qualche faccia della piramide trigonale $\{2\bar{3}\bar{3}\}$, ed ancora della piramide trigonale $\{14.\bar{1}\bar{1}\}$. Infatti gli angoli di alcuni riflessi, nelle rispettive zone, sono:

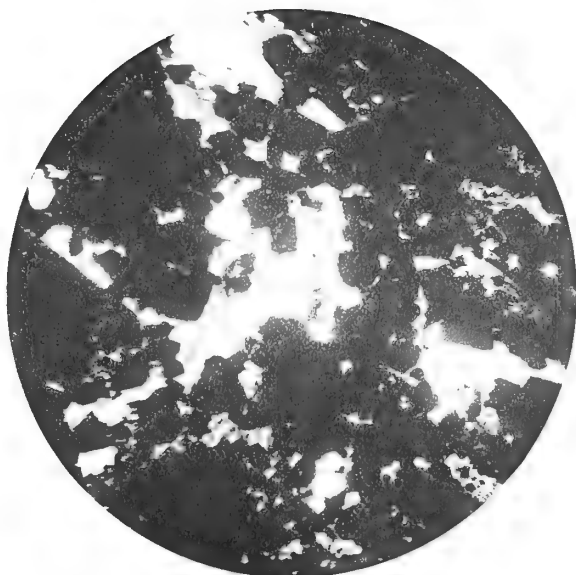
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(14.\bar{1}\bar{1}) = 32°.17'$$
$$(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{3}2\bar{3}) = 32°.11'.$$

Anche le poche facce di tali ultime forme mostrano che la simmetria trigonale dei cristalli di tormalina appare soltanto ad una delle terminazioni e precisamente alla terminazione antiloga, poichè l'altra terminazione, l'analoga, sembra quella di un cristallo esagonale.

Per riconoscere quale analoga l'estremità dei cristalli portante la base $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ e quale antiloga l'altra, si scelse un cristallo ben terminato alle due estremità, si appese ad un esilissimo filo di platino e si pose in una stufa riscaldata a 100° C., da cui fu tolto dopo qualche tempo e lasciato raffreddare. Durante il raffreddamento si investì, seguendo i consigli del Kundt, con una fina polvere, risultante da una miscela di zolfo e minio ed uscente con violenza dalle strettissime maglie di un lembo di mussolina di cotone. Il minio che si elettrizza, com'è noto, positivamente, si depose sopra la base $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ del cristallo di tormalina, mentre lo zolfo, elettrizzato negativamente, si depose su quasi tutta la restante parte del cristallo; rimase scoperta soltanto una ristrettissima zona neutra posta assai presso alla base. Quest'ultima, dunque, durante il riscaldamento, diventa positiva e perciò, secondo le note indicazioni del Riess e di G. Rose, rivela il polo analogo della tormalina.

1

Solo polarizzatore

2

Nicols +

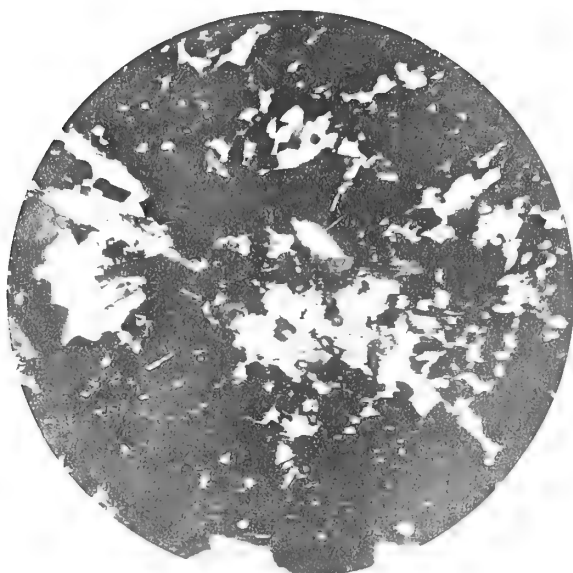
3

Solo polarizzatore

4

Nicols +

Ingrand.º lin.e 50

Gli a. fot. Fotot. Danesi - Roma

Azione degli acidi nitroso e nitrico sull'indolo e sul pirrolo.

Memoria del Corrisp. Prof. ANGELO ANGELI

presentata nella seduta del 5 marzo 1911.

In questa Monografia ho cercato di riassumere alcune pubblicazioni che si riferiscono ad esperienze iniziate nel 1899 nel Laboratorio di Palermo e proseguite in seguito in quello di Firenze.

Esse rappresentano per così dire una continuazione dei miei studî fatti molti anni addietro sull'azione degli acidi nitroso e nitrico sopra le sostanze organiche, ed ebbero origine da alcune ricerche che mi condussero al cosidetto nitrosofenilindolo; furono appunto le interessanti proprietà di quest'ultima sostanza che attirarono la mia attenzione e m'indussero a sottoporla ad un esame più approfondito.

Le esperienze eseguite dapprima sugli indoli, perchè più facilmente accessibili e che conducono a sostanze che meglio si possono caratterizzare, vennero estese al pirrolo ed ai suoi omologhi e condussero in seguito alle scoperte dei mononitroderivati e dei diazocomposti; successivamente vennero studiate le condensazioni degl'indoli con gli eteri di alcuni acidi carbossilici.

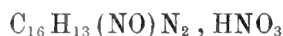
Tutte queste reazioni, nelle quali rimane invariato il numero degli atomi di carbonio, si compiono a bassa temperatura, procedono in modo netto e spesse volte quantitativo e come nessun'altra hanno permesso di porre in rilievo le sorprendenti analogie di comportamento che si riscontrano fra pirroli ed indoli da una parte ed i fenoli dall'altra.

Nitrosoindoli e nitrosopirroli.

Nitrosoindoli.

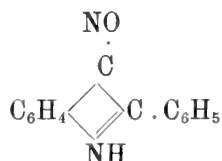
I dati che si trovano nella letteratura riguardo al comportamento dei pirroli e degli indoli rispetto all'acido nitroso sono quanto mai scarsi ed isolati.

In quanto ai primi nel trattato del Beilstein [1] sta scritto che « Pyrrol liefert kein Nitrosoderivat »; per gli indoli era menzionato il nitrato di nitrosoindolo:

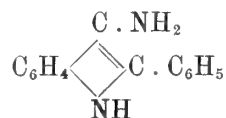
$$C_{16}H_{13}(NO)N_2\,,\,HNO_3$$

di Nencki [2] ed il dinitrosoindolo

$$C_{16}H_{12}N_4O_2$$

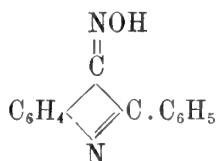
di Zatti e Ferratini [3]; poi i nitrosoderivati ottenuti da A. Bischler [4] e che senza dubbio sono analoghi al nitrosofenilindolo preparato per la prima volta da Möhlau [5] e successivamente studiato da E. Fischer [6] nel corso delle sue classiche ricerche sugli indoli. Ma anche la formola proposta in seguito:

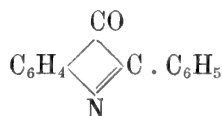
```
         NO
         .
         C
C6H4 <      > C . C6H5
         NH
```

appare subito poco verosimile.

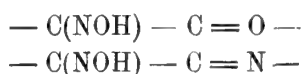
È noto infatti dalle ricerche di Victor Meyer, Piloty e sopratutto di A. von Baeyer, che la maggior parte dei veri nitrosoderivati sono colorati in verde od in azzurro allo stato solido oppure quando sono fusi, od in soluzione. Invece il nitrosofenilindolo è giallo e dà soluzioni del pari colorate in giallo: si scioglie negli alcali con intensa colorazione aranciata e non reagisce con l'idrossilammina. Questa sostanza è un ottimo reattivo de' veri nitrosoderivati e trasforma i nitrosocomposti aromatici, come ha trovato Bamberger, in derivati diazoici. È quindi molto improbabile che il nitrosofenilindolo, che non viene modificato dall'idrossilammina, contenga nella sua molecola il residuo nitrosilico unito ad un atomo di carbonio. Inoltre il nitrosofenilindolo fornisce un etere etilico che per riduzione dà l'amminofenilindolo:

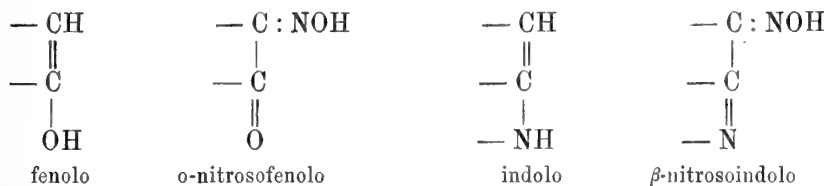
```
         C . NH2
C6H4 <      > C . C6H5
         NH
```

[1] Lehrbuch, 3ª edizione, vol. IV, pag. 64.
[2] Berliner Berichte, VIII, 722.
[3] Gazzetta Chimica, XXI (*b*), 23.
[4] Berliner Berichte, XXV, 2871.
[5] Id. id. XV, 2487; XVIII, 166.
[6] Id. id. XXI, 1073; Annalen, 236, pag. 134.

Ciò dimostra che il residuo etilico è unito all'ossigeno e non all'azoto, e che perciò il nitrosofenilindolo molto probabilmente è da considerarsi come l'ossima:

$$C_6H_4\langle\overset{\overset{NOH}{\|}}{C}\rangle C.C_6H_5 \quad (\text{ponte } N)$$

corrispondente al chetone:

$$C_6H_4\langle\overset{CO}{}\rangle C.C_6H_5 \quad (\text{ponte } N)$$

Tale formola dà completamente ragione del suo comportamento e spiega anche le analogie che questa sostanza presenta con le chinonossime, che del pari una volta venivano considerate come nitrosofenoli; infatti tanto i nitrosofenoli come i β-nitrosoindoli contengono rispettivamente gli aggruppamenti:

$$-C(NOH)-C=O-$$
$$-C(NOH)-C=N-$$

e si può ammettere che si formino con un processo analogo:

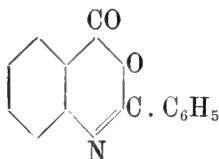
$-CH$ $\|$ $-C$ $\mid$ OH	$-C:NOH$ $\mid$ $-C$ $\|$ O	$-CH$ $\|$ $-C$ $\mid$ $-NH$	$-C:NOH$ $\mid$ $-C$ $\|$ $-N$
fenolo	o-nitrosofenolo	indolo	β-nitrosoindolo

La sola differenza risiede nel fatto che nell' indolo l'atomo di azoto concorre alla formazione di un anello chiuso.

È da notarsi che solamente gli indoli e pirroli che hanno libero un atomo di idrogeno in posizione β forniscono composti di questa forma. Gli indoli α-β bisostituiti forniscono invece nitrosammine.

Per quanto riguarda la preparazione di queste sostanze, per il fenilindolo si presta bene il nitrito sodico in presenza di acido acetico; ma in tutti i casi, e sopratutto per gli indoli sostituiti con residui alifatici, come anche per l' indolo stesso ovvero per i pirroli, si deve impiegare un nitrito alcoolico, in presenza di alcoolato sodico; in tal modo si perviene direttamente ai sali sodici dei nitroso derivati, che nella maggior parte dei casi sono molto più stabili dei composti liberi.

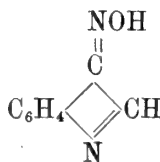
I nitrosoindoli, oltre che coi ioduri alcoolici, reagiscono facilmente con il cloruro di benzoile, con l'anidride acetica e con l' isocianato di fenile; dànno sali coi metalli ed anche con gli acidi minerali forti; questi vengono però facilmente idrolizzati, come avviene per tutti i sali delle basi molto deboli.

Il benzoilderivato del nitrosofenilindolo, per ossidazione con permanganato fornisce nettamente acido benzoilantranilico e ciò dimostra una volta di più che il residuo dell'acido nitroso è andato in posizione β; l'acido benzoilantranilico, perdendo una molecola di acqua dà la corrispondente anidride per la quale noi, a differenza di altri autori proponemmo la struttura:

CO
O
$C . C_6H_5$
N

che in seguito venne generalmente accettata e successivamente confermata sperimentalmente da O. Mumm e H. Hesse [1].

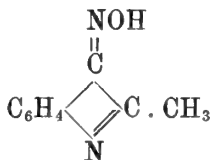
Il nitrosofenilindolo fornisce il derivato benzoilico (f. 152°), acetilico (f. 121°) ed un etere etilico (f. 45°); per ossidazione dà il corrispondente nitrocomposto di cui si parlerà più avanti.

In modo analogo venne preparato il β-nitrosoindolo:

NOH
‖
C
C_6H_4 CH
N

che senza dubbio è identico al cosidetto dinitrosoindolo di Zatti e Ferratini [2]:

$$C_{16}H_{12}N_4O_2 .$$

A qual fatto sieno da attribuirsi i pesi molecolari elevati che trovarono questi chimici (determinati per via ebullioscopica in acetone) noi non sappiamo spiegare; per piccole concentrazioni sono di poco superiori alla molecola semplice; per concentrazioni elevate poco maggiori della molecola doppia. Probabilmente ne sono causa la facile alterabilità e la piccola solubilità del prodotto; infatti gli autori fanno notare che una parziale decomposizione è inevitabile, e che durante il riscaldamento il liquido si colora in rosso. Nello stesso modo si prepara il nitrosometilindolo:

NOH
‖
C
C_6H_4 $C . CH_3$
N

che fonde con decomposizione a 198°. In acido acetico si scioglie per dare un liquido

(1) Berliner Berichte, 43, 2505.
(2) Gazzetta Chimica, XXI (*b*), 19.

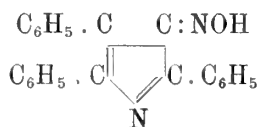
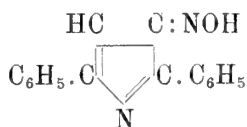
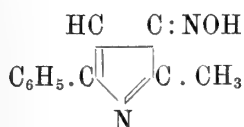
rosso bruno ed a ciò si deve la colorazione, menzionata nei trattati, e che si osserva quando si aggiunge nitrito sodico alla soluzione acetica del metilindolo.

Anche il nitrosometilindolo per ossidazione fornisce il corrispondente nitrocomposto.

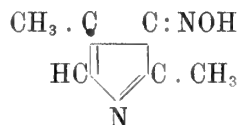
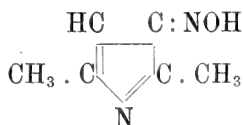
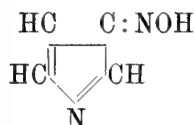
Nitrosopirroli.

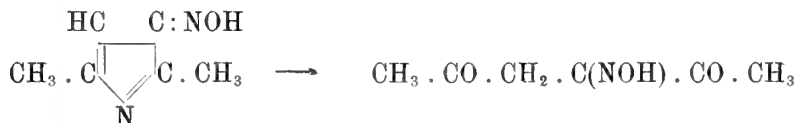
Anche i nitrosopirroli si preparano con grande facilità per mezzo del nitrito d'amile in presenza di etilato sodico.

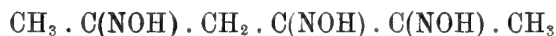
Alcuni vennero ottenuti allo stato libero, come il nitroso metilfenilpirrolo (f. 160°) il nitrosodifenilpirrolo (f. 204°) ed il nitrosotrifenilpirrolo (f. 199°):

$$\begin{array}{c} HC \quad C:NOH \\ C_6H_5.C \qquad C.CH_3 \\ N \end{array} \qquad \begin{array}{c} HC \quad C:NOH \\ C_6H_5.C \qquad C.C_6H_5 \\ N \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_6H_5.C \quad C:NOH \\ C_6H_5.C \qquad C.C_6H_5 \\ N \end{array}$$

Anche questi composti forniscono derivati etilici, benzoilici e reagiscono anche con l'isocianato di fenile.

Meno stabili allo stato libero sono invece i nitrosoderivati del pirrolo e dei pirroli sostituiti con residui alifatici; per questa ragione finora non si poterono analizzare che i sali sodici del nitrosopirrolo e dei due dimetilpirroli:

$$\begin{array}{c} HC \quad C:NOH \\ HC \qquad CH \\ N \end{array} \qquad \begin{array}{c} HC \quad C:NOH \\ CH_3.C \qquad C.CH_3 \\ N \end{array} \qquad \begin{array}{c} CH_3.C \quad C:NOH \\ HC \qquad C.CH_3 \\ N \end{array}$$

Azione dell'idrossilammina sui nitrosopirroli. — Come si è detto fino dal principio, i nitrosoindoli restano inalterati rispetto all'idrossilammina; invece i nitrosopirroli reagiscono facilmente con questa sostanza, ed i prodotti che si formano si possono considerare come dovuti ad un processo di idrolisi che si compie in una prima fase. In tal modo, partendo p. e. dal nitroso-α-α-dimetilpirrolo:

$$\begin{array}{c} HC \quad C:NOH \\ CH_3.C \qquad C.CH_3 \\ N \end{array} \longrightarrow \quad CH_3.CO.CH_2.C(NOH).CO.CH_3$$

si perviene alla triossima di un trichetone (f. 159°):

$$CH_3.C(NOH).CH_2.C(NOH).C(NOH).CH_3$$

e che come tale fornisce un derivato tribenzoilico (f. 180°).

Per eliminazione di idrossilammina, in seguito all'azione degli acidi minerali diluiti, dà un prodotto identico a quello che fornisce il corrispondente ossinitrosopirrolo e che verrà studiato più avanti.

Tali ossime possono pure eliminare una molecola di acqua per dare furazani.

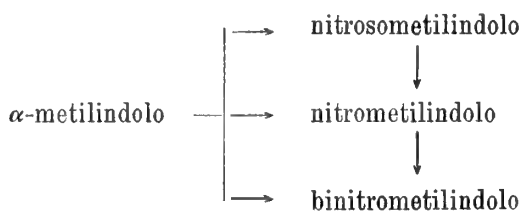
Queste reazioni, comuni alla maggior parte dei nitrosopirroli, si compiono in modo molto rapido anche a temperatura ordinaria.

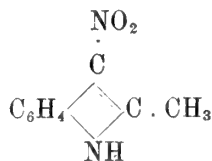
Nitroindoli e Nitropirroli.

Nitroindoli.

I nitroindoli si possono in qualche caso preparare per ossidazione dei nitrosocomposti prima descritti. In tal modo vennero ottenuti il nitrometilindolo (f. 248°) ed il nitrofenilindolo (f. 238°), che forniscono eteri etilici e che per azione dell'acido nitrico vengono trasformati in binitroderivati. Il binitrofenilindolo si presenta in squamme gialle che a 280° ancora non fondono, e fornisce del pari un etere etilico (f. 221°); per azione della potassa alcoolica dà un azossicomposto che a 285° non fonde ed insolubile in tutti i solventi.

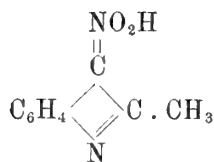
Molto più comoda torna la preparazione del nitrometilindolo, giovandosi del metodo di nitrazione che da me è stato per la prima volta impiegato e che mi condusse alla scoperta della nitroidrossilammina (1), e che consiste nel far reagire sul metilindolo il nitrato di etile in presenza di sodio metallico. In tal modo si perviene al sale sodico del nitrometilindolo, da cui facilmente si può avere il composto libero e che si presenta sotto forma di lamine gialle con bellissimi riflessi metallici di colore violetto. L'etere etilico fonde a 125°; il bromoderivato a 290°, il quale a sua volta fornisce un etere che fonde a 203°.

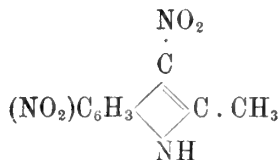
Il nitrometilindolo, con acido nitrico fornisce del pari un binitrocomposto che a sua volta è identico col dinitrometilindolo, ottenuto molti anni or sono da Zatti (2) per nitrazione diretta del metilindolo. L'identità di questi prodotti, ottenuti per diverse vie e per mezzo di reazioni completamente diverse, dimostra perciò che anche le sostanze che si preparano con nitrato di etile e sodio sono da considerarsi come veri nitrocomposti. Il seguente schema illustra meglio le reazioni che fu possibile realizzare per il caso del metilindolo:

Al nitrometilindolo sarà perciò da assegnarsi la formola:

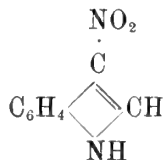
$$C_6H_4 \langle \overset{C \cdot NO_2}{\underset{NH}{\diamond}} \rangle C \cdot CH_3$$

(1) Angeli, *Ueber einige sauerstoffhaltige Verbindungen des Stickstoffs.*

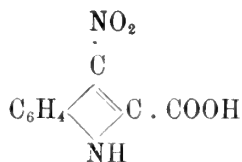
(2) Gazzetta Chimica, XIX, 260.

ovvero la tautomera

$$\begin{array}{c} NO_2H \\ \| \\ C \\ C_6H_4 \langle \rangle C \cdot CH_3 \\ N \end{array}$$

ed al binitrometilindolo di Zatti:

$$\begin{array}{c} NO_2 \\ \cdot \\ C \\ (NO_2)C_6H_3 \langle \rangle C \cdot CH_3 \\ NH \end{array}$$

In modo analogo, per azione del nitrato di etile e sodio, l'indolo fornisce il β-nitroindolo

$$\begin{array}{c} NO_2 \\ \cdot \\ C \\ C_6H_4 \langle \rangle CH \\ NH \end{array}$$

aghetti giallognoli che fondono a 210°. Esso è identico al prodotto che si ottiene eliminando anidride carbonica dall'acido (f. 230°):

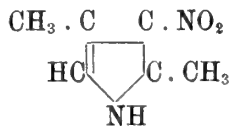
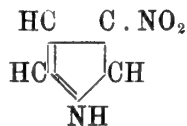
$$\begin{array}{c} NO_2 \\ \cdot \\ C \\ C_6H_4 \langle \rangle C \cdot COOH \\ NH \end{array}$$

che si può preparare per ossidazione del nitrometilindolo.

Il nitroindolo dà un etere etilico che fonde a 102°.

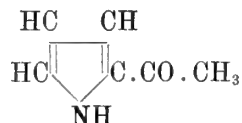
Nitropirroli.

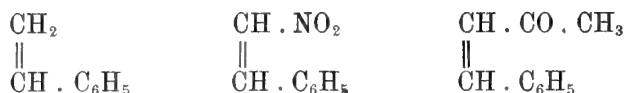
Per azione di nitrato di etile e sodio metallico anche i pirroli forniscono i sali dei corrispondenti acidi nitronici, da cui si possono avere i nitroderivati liberi.

In tal modo sono stati preparati il nitropirrolo (f. 63°.5) ed un nitrodimetilpirrolo (f. 111°):

$$\begin{array}{ccc} HC & & C \cdot NO_2 \\ HC & & CH \\ & NH & \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} CH_3 \cdot C & & C \cdot NO_2 \\ HC & & C \cdot CH_3 \\ & NH & \end{array}$$

che si presentano in grandi cristalli giallognoli; riscaldati su lamina di platino fondono, e poi dànno vapori che hanno l'odore del nitrobenzolo.

A questo proposito è da notare che la soluzione alcoolica di queste sostanze è stabilissima al permanganato (Reazione di Baeyer), mentre invece vengono prontamente ossidati i pirroli da cui derivano; abbiamo pure notato che del pari è stabilissimo il pirrilmetilchetone:

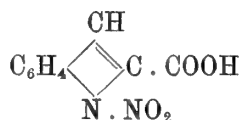
HC   CH
HC   C.CO.CH_3
NH

Nei composti a catena aperta l'ossidabilità dei doppî legami si mantiene anche nei loro derivati; ed infatti sono instabili al permanganato lo stirolo, il nitrostirolo ed il benzilidenacetone:

$$\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH\,.\,C_6H_5 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH\,.\,NO_2 \\ \| \\ CH\,.\,C_6H_5 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} CH\,.\,CO\,.\,CH_3 \\ \| \\ CH\,.\,C_6H_5 \end{matrix}$$

e perciò ancora non si comprende, in base alle solite formole, per quale ragione la sostituzione di un atomo di idrogeno del pirrolo col residuo nitrico od acetico abbia da rendere insensibili i doppî legami rispetto al permanganato.

Nitrosoderivati degli Ossindoli e degli Ossipirroli.

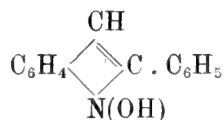
Allo scopo di completare le esperienze sul comportamento dei derivati del pirrolo e dell'indolo rispetto all'azione dell'acido nitroso, abbiamo estese le nostre ricerche agli N-ossindoli ed agli N-ossipirroli, a quei derivati cioè nei quali l'idrogeno imminico è rimpiazzato dall'ossidrile.

A prima vista un tale studio poteva apparire superfluo giacchè erano note le interessanti ricerche di A. Reissert [1] sui prodotti che si ottengono per azione dell'acido nitroso sopra l'acido N-ossindolcarbonico. A me sembra però che le belle esperienze di Reissert non sieno state esattamente interpretate dal lato teorico e non è improbabile, come si vedrà più avanti, che debba venire modificata la formola di struttura

CH
C_6H_4 C.COOH
N.NO_2

al prodotto che egli ha ottenuto.

[1] Berliner Berichte, XXIX, 639.

Per i nostri studî partimmo da una sostanza preparata da E. Fischer [1] e che con grande probabilità è da riguardarsi come un N-ossifenilindolo

$$\begin{array}{c} CH \\ C_6H_4\langle\rangle C \, . \, C_6H_5 \\ N(OH) \end{array}$$

per la facilità con cui viene ridotta a fenilindolo, e perchè ossidata fornisce acido o-nitrosobenzoico.

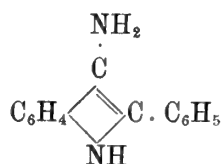
Invece di usare acido nitroso libero che conduce a prodotti impuri, ci si giovò del solito metodo da noi impiegato sempre con buon successo in tutti questi casi; si fece reagire cioè sopra la soluzione alcoolica della sostanza il nitrito d'amile in presenza di etilato sodico. In tal modo si perviene al sale sodico della sostanza

$$C_{14}H_{10}N_2O_2$$

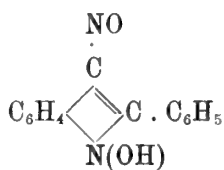
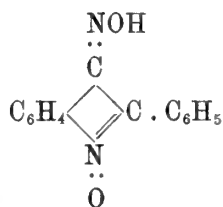
e che molto rassomiglia ai sali sodici degli altri nitrosondoli.

È isomero con il nitrofenilindolo prima descritto e possiede anche lo stesso punto di fusione 240°. Fornisce un derivato acetilico (f. 140°), benzoilico (f. 163°) ed un etere etilico (f. 96°).

Ridotto con zinco ed acido acetico si trasforma subito nell'amminofenilindolo preparato da E. Fischer:

$$\begin{array}{c} NH_2 \\ C \\ C_6H_4\langle\rangle C \, . \, C_6H_5 \\ NH \end{array}$$

Ciò dimostra che il residuo dell'acido nitroso, invece che all'azoto, come suppone Reissert, è andato a fissarsi all'atomo di carbonio in posizione β, precisamente come avviene per gli altri indoli e pirroli prima studiati.

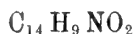
Al nuovo composto si dovrà perciò attribuire una delle due formole:

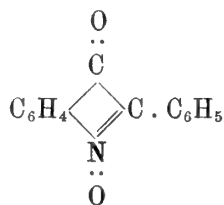
$$\begin{array}{c} NOH \\ \vdots \\ C \\ C_6H_4\langle\rangle C \, . \, C_6H_5 \\ N \\ \vdots \\ O \end{array} \qquad \begin{array}{c} NO \\ C \\ C_6H_4\langle\rangle C \, . \, C_6H_5 \\ N(OH) \end{array}$$

di cui l'una è la tautomera dell'altra.

Entrambe spiegano il comportamento della sostanza, la quale con tutta facilità può perdere un atomo di ossigeno per dare il nitrosofenilindolo.

[1] Berliner Berichte, XXVIII, 586.

Ossidata invece moderatamente fornisce un prodotto:

$$C_{14}H_9NO_2$$

colorato in rosso e che fonde a 186°; è volatile, sublima in pagliette splendenti; viene trasportato dai vapori di alcool e benzolo; irrita fortemente le mucose; viene facilmente ridotto e reagisce con l'idrossilammina. Come si vede *possiede le proprietà dei chinoni*, ed una formola che rende conto di questo interessante comportamento è la seguente:

$$C_6H_4 \langle \overset{\overset{O}{\vdots}}{C} \, \underset{\underset{O}{\vdots}}{N} \rangle C \cdot C_6H_5$$

la quale rappresenta nè più nè meno che un chinone nel quale uno dei gruppi

$$=CO$$

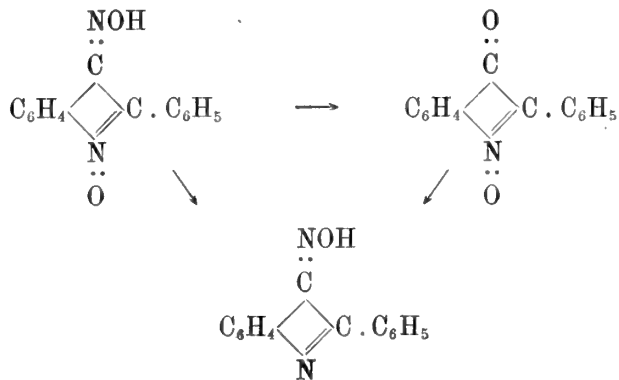
è stato rimpiazzato dal residuo:

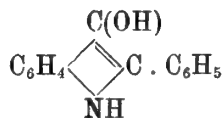
$$\equiv NO.$$

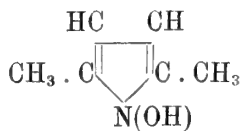
Per azione dell'idrossilammina anche la nuova sostanza fornisce facilmente nitrosofenilindolo ed il seguente schema riassume le trasformazioni descritte:

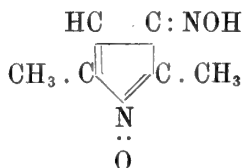
$$C_6H_4 \langle \overset{\overset{NOH}{\vdots}}{C} \, \underset{\underset{O}{\vdots}}{N} \rangle C \cdot C_6H_5 \longrightarrow C_6H_4 \langle \overset{\overset{O}{\vdots}}{C} \, \underset{\underset{O}{\vdots}}{N} \rangle C \cdot C_6H_5$$

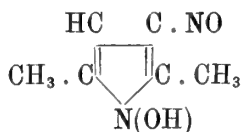
$$\searrow \qquad \swarrow$$

$$C_6H_4 \langle \overset{\overset{NOH}{\vdots}}{C} \, \underset{N}{} \rangle C \cdot C_6H_5$$

Per riduzione con zinco ad acido acetico dà un prodotto che fonde a 225° e che probabilmente è il β-ossifenilindolo:

$$C_6H_4 \langle \overset{C(OH)}{} \, \underset{NH}{} \rangle C \cdot C_6H_5$$

Dopo di aver studiato l'ossifenilindolo, per dare maggiore generalità alla reazione da noi scoperta, giudicammo opportuno di prendere in esame anche il comportamento rispetto all'acido nitroso dell'ossidimetilpirrolo scoperto da Knorr [1]:

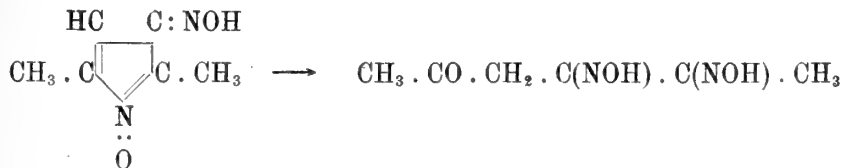
```
        HC    CH
 CH3 . C‖     ‖C . CH3
          \  /
          N(OH)
```

e l'esperienza ci ha subito dimostrato che anche questa sostanza fornisce con tutta facilità il nitrosoderivato, al quale spetta senza dubbio la struttura:

```
        HC    C:NOH
 CH3 . C‖     C . CH3
          \ //
           N
           ..
           O
```

la quale ne spiega il comportamento meglio della tautomera:

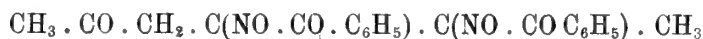
```
        HC    C . NO
 CH3 . C‖     ‖C . CH3
          \  /
          N(OH)
```

È costituita da aghi aranciati che cominciano a decomporsi verso 80° senza fondere.

Questo composto è caratteristico per la facilità con cui viene idrolizzato, con apertura dell'anello, ed a seconda dei reattivi che si impiegano, si ottengono prodotti svariati, ma che stanno in rapporto semplice con la sostanza da cui si parte.

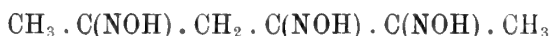
In ogni caso, come primo termine si forma senza dubbio la diossima:

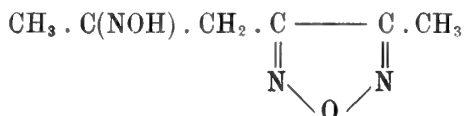
```
        HC    C:NOH
 CH3 . C‖     C . CH3   ⟶   CH3 . CO . CH2 . C(NOH) . C(NOH) . CH3
          \ //
           N
           ..
           O
```

che per altro non riuscimmo ad isolare e vedremo poi per quale ragione.

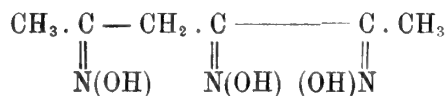
Così il sale sodico dà subito il corrispondente derivato dibenzoilico (f. 169°):

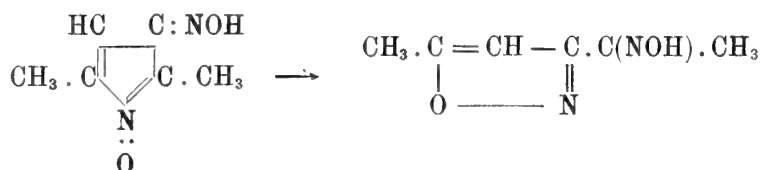
$$CH_3 . CO . CH_2 . C(NO . CO . C_6H_5) . C(NO . CO\, C_6H_5) . CH_3$$

[1] Annalen, 236, 302.

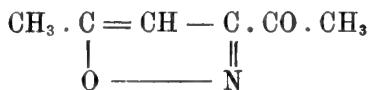
per trattamento con cloruro di benzoile; invece con l'idrossilammina fornisce la triossima, identica a quella che si ottiene dal nitrosodimetilpirrolo:

$$CH_3 . C(NOH) . CH_2 . C(NOH) . C(NOH) . CH_3$$

questa triossima perde con grande facilità una molecola d'acqua per dare l'anidride (f. 83°):

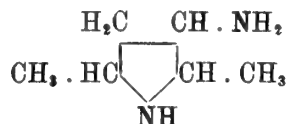
$$\begin{array}{c} CH_3 . C(NOH) . CH_2 . C \text{———} C . CH_3 \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad \| \quad\quad\quad \| \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad N \diagdown_{O} \diagup N \end{array}$$

la triossima, non essendo simmetrica, si potrà presentare in otto forme stereoisomere: tenendo conto però delle ricerche di Hantzsch sull'azione ripulsiva che esercita il metile sull'ossidrile e della facilità con cui fornisce l'anidride, rimane senz'altro determinata anche la sua configurazione:

$$\begin{array}{lllll} CH_3 . & C & — CH_2 . & C \text{————} & C . CH_3 \\ & \| & & \| & \| \\ & N(OH) & & N(OH) & (OH)N \end{array}$$

Se invece la soluzione acquosa del sale, intensamente colorata in giallo aranciato, si tratta con acido solforico diluito, il chetone che dapprima si forma, perde subito una molecola di acqua per dare origine ad un prodotto incoloro (f. 117°) isomero al composto da cui si è partiti:

$$\begin{array}{c} HC \quad C:NOH \\ CH_3 . C \langle \; \rangle C . CH_3 \\ N \\ \vdots \\ O \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_3 . C = CH — C . C(NOH) . CH_3 \\ \quad\quad\; | \quad\quad\quad\quad\; \| \\ \quad\quad\; O \text{————} N \end{array}$$

Questa sostanza bollita con acidi minerali diluiti perde idrossilammina per dare il chetone (f. 22°):

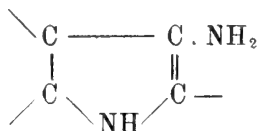
$$\begin{array}{l} CH_3 . C = CH — C . CO . CH_3 \\ \quad\quad\; | \quad\quad\quad\quad\; \| \\ \quad\quad\; O \text{————} N \end{array}$$

il cui odore rassomiglia a quello dell'acetofenone.

Per riduzione con alcool e sodio, la triossima dà una dimetilamminopirrolidina

$$\begin{array}{c} H_2C \quad CH . NH_2 \\ CH_3 . HC \langle \; \rangle CH . CH_3 \\ NH \end{array}$$

Diazoindoli e Diazopirroli.

Le precedenti ricerche ci hanno anche condotti a studiare il comportamento rispetto all'acido nitroso degli amminoderivati dell'indolo; di questi ne erano noti due solamente: l'amminofenilindolo e l'amminometilindolo, entrambi preparati da Emilio Fischer.

Prendendo in esame la forma finora attribuita all'anello pirrolico di un β-amminoindolo

```
\C ——— C.NH2
 |      ||
/C\    /C —
   \NH/
```

si vede subito che una tale sostanza potrà reagire in due modi rispetto all'acido nitroso, vale a dire col gruppo amminico, ovvero coll'immino dell'anello pirrolico.

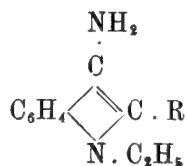
Le nostre esperienze hanno subito dimostrato che si verifica il primo caso; ma siccome si formano composti diazoici analoghi a quelli che forniscono gli amminoeteri ovvero gli amminofenoli, è necessario ammettere che anche gli amminoindoli reagiscano secondo la forma tautomera:

```
\C ——— CH.NH2              \C ——— C/N
 |      |          ——→      |      | \\
/C\    //C —               /C\    //\N
   \N//                       \N//C—
```

In tal modo vennero preparati il diazometilindolo (f. 94°) ed il diazofenilindolo (f. 115°):

```
     N===N                    N===N
      \C/                      \C/
C6H4<  >C.CH3           C6H4<  >C.C6H5
      N                        N
```

colorati in giallo dorato e che presentano una grande stabilità rispetto agli alogeni ed agli acidi minerali, tanto che possono anche dare sali ben caratterizzati. Riducendo invece gli eteri etilici del nitrometilindolo e del nitrofenilindolo, si ottengono gli amminoderivati della forma:

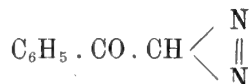
```
       NH2
        C
C6H4<    >C.R
       N.C2H5
```

i quali per azione dell'acido nitroso non forniscono composti diazoici, appunto perchè mancano dell'idrogeno imminico che migra al carbonio. Il diazofenilindolo bollito a lungo con acido solforico diluito dà un azocomposto che si decompone verso 280° e che per riduzione fornisce amminofenilindolo.

In modo analogo l'amminodifenilpirrolo e l'amminotrifenilpirrolo, ottenuti per riduzione dei corrispondenti nitrosoderivati forniscono i diazocomposti:

```
        HC      CN2                 C6H5 . C     CN2
        ‖‾‾‾‾‾‾‾‾|                         ‖‾‾‾‾‾‾‾|
C6H5 . C\       /C . C6H5     C6H5 . C\      /C . C6H5
          \   //                       \   //
            N                            N
```

che sono intensamente colorati; il primo fonde a 123° ed il secondo a 159°.

Questo modo di formazione dei diazopirroli e dei diazoindoli porta una nuova ed interessante conferma alle vedute che io ho espresse molti anni or sono ([1]), e che si riferiscono sopratutto all'influenza che esercitano i gruppi negativi sulla stabilità dei composti diazoici, che si formano per azione dell'acido nitroso sopra le ammine primarie; sono appunto queste vedute che mi condussero alla scoperta del diazoacetofenone:

```
                   N
C6H5 . CO . CH <   ‖
                   N
```

e della diazocanfora. E veramente non comprendo per quale ragione tali regole sieno state esposte nuovamente undici anni più tardi da T. Curtius e R. Müller ([2]). Devo anzi aggiungere che la mia regola, molto più generale di quella di Curtius, è stata in seguito confermata dalle ricerche di Curtius stesso sull'amminoacetonitrile ([3]) e di Pechmann sull'acido amminometandisolfonico ([4]).

Prendendo infatti in considerazione le formole degli amminoderivati che per azione dell'acido nitroso possono fornire composti diazoici, si vede subito che tutti contengono i gruppi

$$—CH.NH_2 \quad \text{ovvero} \quad —C.NH_2$$

uniti ad un paio di atomi congiunti fra di loro da un legame multiplo:

```
NH2 . CH . C —     NH2 . CH . C —     NH2 . CH . S —     NH2 . C — C —
           ‖                  ‖                  ‖                ‖
           O                  N                  O                C
```

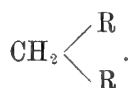
A questo riguardo farò infine notare che in questa occasione io ho pure posto in rilievo che gli amminoacidi che si riscontrano in natura, contengono il gruppo amminico in posizione α rispetto al carbossile ([5]).

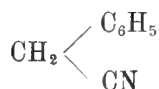
([1]) Gazzetta Chimica, 23, II, 345.
([2]) Berliner Berichte, XXXVII, 1261.
([3]) Ibid. XXXI, 2489.
([4]) Ibid. XXVIII, 2374.
([5]) Angeli, Questi Rendiconti, serie 5ª, vol. II, sem. 2° (1893) pag. 24.

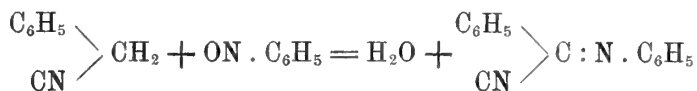
Per la storia dei diazocomposti alifatici farò rilevare che la diazocanfora, che io ho preparata per azione dell'acido nitroso sulla amminocanfora di Claisen e Manasse, è senza dubbio identica con la diazocanfora che R. Schiff e Meissen hanno ottenuto dalla cosidetta canfimmide. Tale sostanza, come io e Rimini abbiamo dimostrato, possiede tutte le proprietà dei diazoeteri, e come questi può dare idrazina. Ne segue dunque che il primo diazocomposto alifatico è stato preparato in Modena, nel 1881, da R. Schiff e P. Meissen [1].

Azione dei nitrosoderivati sugli indoli. — In modo analogo a quanto fa l'acido nitroso, anche i veri nitrosoderivati reagiscono facilmente sugli indoli.

Queste reazioni corrispondono a quelle scoperte da F. Sachs e che si compiono fra i nitrosoderivati e le sostanze che nella loro molecola contengono un gruppo metilenico compreso fra due radicali negativi [2]:

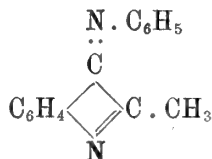
$$CH_2\langle{}^{R}_{R} .$$

A questa categoria di sostanze appartiene il cianuro di benzile:

$$CH_2\langle{}^{C_6H_5}_{CN}$$

e perciò in base all'analogia da noi posta in rilievo:

$${}^{C_6H_5}_{CN}\rangle CH_2 + ON . C_6H_5 = H_2O + {}^{C_6H_5}_{CN}\rangle C : N . C_6H_5$$

era da aspettarsi che anche gli indoli che hanno libero l'atomo d'idrogeno in posizione β dovessero reagire in modo analogo.

L'esperienza ha confermato pienamente le previsioni; la reazione si compie con grande rapidità e facilmente si ottengono prodotti di condensazione che nell'aspetto e nei caratteri corrispondono esattamente a quelli descritti da Sachs.

In tal modo da α-metilindolo e nitrosobenzolo fu ottenuto il prodotto che fonde a 183°:

$$\begin{array}{c} N . C_6H_5 \\ \vdots \\ C \\ C_6H_4\langle\quad\rangle C . CH_3 \\ N \end{array}$$

Come il nitrosobenzolo reagisce la nitrosodimetilanilina.

[1] Gazzetta Chimica, XI, 171.

[2] Berliner Berichte, XXXVII, 2341 e seg.

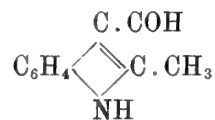
INDOLI ED ETERI CARBOSSILICI.

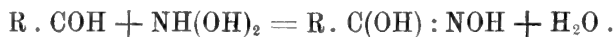
Dopo aver studiato il comportamento degli indoli e dei pirroli rispetto all'acido nitrico ed all'acido nitroso (che si può considerare come l'aldeide del primo), eseguimmo alcune esperienze con l'acido formico, che a sua volta si può considerare come l'aldeide dell'acido carbonico.

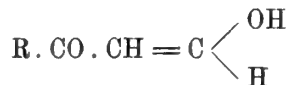
Anche in questo caso, impiegando formiato di amile e metilindolo si arriva ad un sale che corrisponde a quello che fornisce il nitrito d'amile:

$$C_6H_4\langle \overset{CH}{\diamond} \rangle C.CH_3 \ (N) \longrightarrow C_6H_4\langle \overset{C=C<^{ONa}_{H}}{\diamond} \rangle C.CH_3 \ (N)$$

e che per semplice azione dell'acqua viene idrolizzato per dare un prodotto identico con la cosidetta metilindolaldeide che Plancher e Ponti [1] prepararono, facendo reagire cloroformio e potassa sul metilindolo (Reazione di Reimer e Tiemann). Evidentemente si tratta di un composto ossimetilenico, sebbene Plancher e Ponti asseriscano che senza dubbio la sostanza da loro preparata sia l'aldeide del metilindolo della struttura:

$$C_6H_4\langle \overset{C.COH}{\diamond} \rangle C.CH_3 \ (NH)$$

D'altra parte è noto da lungo tempo che dall'etere formico si ottengono di preferenza composti ossimetilenici. Ciò spiega per quale ragione l'aldeide pirrolica preparata anni addietro da Bamberger [2] e che nel suo comportamento rassomiglia così poco alle ordinarie aldeidi, non fornisca la reazione che a suo tempo io ho descritto [3], vale a dire non reagisca con la ossiammoniaca per formare il corrispondente acido idrossammico:

$$R.COH + NH(OH)_2 = R.C(OH):NOH + H_2O.$$

Infatti io ho osservato che i composti ossimetilenici della forma:

$$R.CO.CH = C\langle^{OH}_{H}$$

[1] Questi Rendiconti, vol. XVI, 1° sem., pag. 130.
[2] Berliner Berichte. XXXIII, 536.
[3] Angeli, *Ueber einige sauerstoffhaltige Verbindungen des Stickstoffs*, Stuttgart, 1908.

che si ottengono per azione dell'etere formico sopra i chetoni:

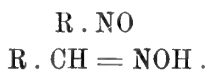
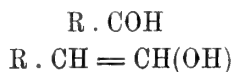
$$R.CO.CH_3$$

e che una volta venivano del pari considerati come aldeidi:

$$R.CO.CH_2.COH,$$

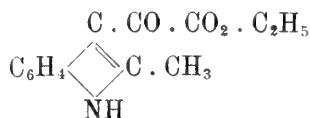
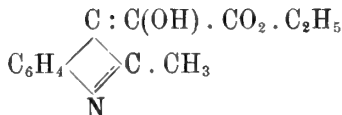
non reagiscono con la biossiammoniaca, sebbene sieno in caso di fornire ossime, idrazoni ecc.

Si può quindi parlare di *vere aldeidi* come si parla di *veri nitrosoderivati*; e solamente le sostanze di questa forma possono reagire con la biossiammoniaca, a differenza dei composti ossimetilenici e delle ossime:

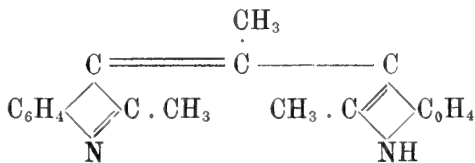
$$R.COH \qquad\qquad R.NO$$
$$R.CH=CH(OH) \qquad\qquad R.CH=NOH.$$

In modo simile, il metilindolo reagisce anche con l'etere ossalico; si arriva così ad un prodotto (f. 126°) al quale spetta la formola:

$$C_6H_4\langle C(CO.CO_2.C_2H_5) = C.CH_3 \rangle NH$$

ovvero la tautomera:

$$C_6H_4\langle C(:C(OH).CO_2.C_2H_5).C.CH_3 = N\rangle$$

Per saponificazione fornisce un acido che a 190° si decompone con sviluppo gassoso.

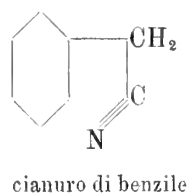
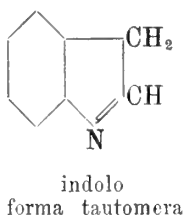
In presenza di etilato sodico, il metilindolo reagisce anche con l'etere acetico; in questo modo però non si forma il derivato monoacetilico, ma una bellissima sostanza che fonde a 203° e che senza dubbio possiede la struttura:

$$C_6H_4\langle C(=C(CH_3)-C)\,C.CH_3 = N \rangle \qquad CH_3.C\langle C = C\rangle C_6H_4 \;(NH)$$

e che perciò si può considerare come un prodotto di condensazione di una molecola di acetilmetilindolo, formatosi in una prima fase, con una molecola di metilindolo.

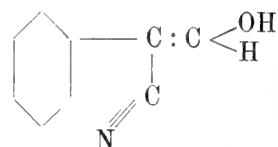
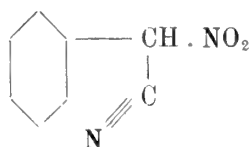
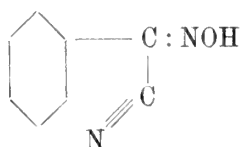
Si tratta perciò di una sostanza analoga ai prodotti di condensazione fra indoli ed aldeidi preparati da Emilio Fischer e da altri chimici.

Da quanto venne esposto nelle pagine precedenti, oltre alle nuove ed estese analogie che si riscontrano fra il comportamento degli indoli, pirroli e fenoli ne segue un altro fatto importante, che cioè gli indoli e pirroli in tutte queste trasformazioni reagiscono secondo la forma tautomera che presenta una grande rassomiglianza col cianuro di benzile:

CH_2 CH N — CH_2 C N

indolo
forma tautomera

cianuro di benzile

Ed infatti anche il cianuro di benzile, in seguito ad una serie di reazioni che si compiono nell'identico modo, con gli eteri nitroso, nitrico e formico fornisce i derivati:

C : NOH C N — $CH . NO_2$ C N — $C : C<^{OH}_{H}$ C N

che corrispondono perfettamente a quelli che si sono potuti preparare dagli indoli e dai pirroli.

PUBBLICAZIONI DALLE QUALI VENNE DESUNTA LA PRESENTE MEMORIA

ANGELI e SPICA. Sopra alcuni nitrosoindoli (R. Accad. Lincei, 8, I, 218, 1899).

SPICA e ANGELICO. Sopra alcuni β-nitrosoindoli (Gazzetta chim. 29, I, 49, 1899).

ANGELI e ANGELICO. Sopra i β-nitroindoli (Ibid. 30, II, 268, 1900).

ANGELICO e CALVELLO. Sopra i β-nitrosopirroli (Ibid. 31, II, 4, 1901).

ANGELI, ANGELICO e CALVELLO. Sopra alcuni derivati del pirrolo (R. Accad. Lincei, 11, II, 16, 1902).

ANGELI e ANGELICO. Sopra i nitropirroli (Ibid. 12, I, 344, 1903).

ANGELI e ANGELICO. Ricerche sui nitrosoindoli (Ibid. 13, I, 255, 1904).

ANGELI e D'ANGELO. Sopra i diazoindoli (Ibid. 13, I, 258, 1904).

ANGELICO e CALVELLO. Trasformazioni dei nitrosopirroli (Gazzetta chim. 34, I, 38, 1904).

ANGELICO e VELARDI. Sui nitroindoli. (Ibid. 34, II, 57, 1904).

ANGELI. Neue Untersuchungen ueber Diazofettsäuren (B. Berichte, 37, 2080, 1904).

ANGELICO. Trasformazioni dei nitrosopirroli. (R. Accad. Lincei, 14, I, 699, 1905).

ANGELICO. Sugli ammino e diazopirroli (Ibid. 14, II, 167, 1905).

CASTELLANA e D'ANGELO. Sopra alcuni diazoindoli (Ibid. 14, II, 145, 1905).

CASTELLANA. Trasformazioni dei pirroli in derivati del pirrazolo (Ibid. 14, II, 242, 1905).

ANGELI e ANGELICO. Sopra l'ossifenilindolo (Ibid. 15, II, 761, 1906).

ANGELI e MARCHETTI. Sopra gli ossipirroli (Ibid. 16, I, 271, 1907).

ANGELI e MARCHETTI. Ricerche sopra gl'indoli (Ibid. 16, I, 381, 1907).

ANGELI e MARCHETTI. Reazioni dei pirroli e degli indoli (Ibid. 16, II, 790, 1907).

ANGELI e MARCHETTI. Sopra una trasformazione del dimetilpirrolo (Ibid. 17, I, 485, 1908).

ANGELI e MORELLI. Nuovi studî sopra gli indoli (Ibid. 17, I, 697, 1908).

MORELLI e MARCHETTI. Ricerche sopra i nitrosopirroli (Ibid. 17, I, 250, 1908).

ANGELI. Ueber einige sauerstoffhaltige Verbindungen des Stickstoffs. Stuttgart, 1908.

ANGELI e ALESSANDRI. Il Nitropirrolo (R. Accad. Lincei, 20, I, 311, 1911).

Ricerche sull'Elio (1).

Memoria del Corrispondente ARNALDO PIUTTI

presentata nella seduta del 7 novembre 1909

(con cinque tavole)

I.

L'Elio nell'aria di Napoli e nel Vesuvio.

Dopo la meravigliosa ed inattesa scoperta della trasformazione del radio in elio fatta nel 1903 da Sir William Ramsay e da F. Soddy e dopo che A. Debierne, due anni più tardi, lo ottenne dall'attinio, e che lo stesso Soddy, tre anni dopo, dimostrò che anche l'uranio ed il torio lo fornivano nella loro disgregazione atomica, l'attenzione del mondo scientifico si rivolse nuovamente sopra questo corpo col quale, per la prima volta, il secolare problema della trasformazione degli elementi veniva risolto.

Come è noto Janssen (2), osservando collo spettroscopio a Guntoor durante l'ecclisse totale del 18 agosto 1868, le protuberanze solari, le quali sono costituite da masse gassose incandescenti composte per la massima parte da idrogeno, scoprì una linea molto prossima alle D_1 D_2 del sodio, che egli chiamò la D_3.

Quasi nello stesso tempo Norman Lockyer (3) studiando lo spettro della cromosfera solare, osservò tale linea; ma non avendo potuto riferirla a nessuno degli elementi terrestri conosciuti, chiamò elio (da ἥλιος, sole) il corpo che la produce, nome che gli rimase.

Ventitrè anni più tardi, il nostro Palmieri (4) asserì di averne riscontrata per la prima volta sulla terra la linea caratteristica, ed annunziò in questi termini la

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto Chimico Farmaceutico della R. Università di Napoli.

(2) Compt. Rend., T. 67, pag. 838 (1868).

(3) Proc. R. S. London, 17, 91 (1868). W. Prandtl nel Gmelin-Kraut's, Handbuch d. Anorg. Chem., VII Auf. 1907, pag. 150, si riferisce alla stessa comunicazione, ma dice che la scoperta è dovuta a Frankland e Lockyer (?). Lo stesso è ripetuto nel II suppl. del *Dictionnaire de Chimie* del Wurtz, vol. V, pag. 8.

(4) *Della riga dell'Elio apparsa in una recente sublimazione vesuviana,* Rend. R. Accad. delle Scienze di Napoli, An. XX, pag. 233, (12 nov. 1881).

scoperta alla Reale Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli: « Raccolsi alcun tempo fa una sostanza amorfa di consistenza butirrosa e di color giallo « sbiadato sublimata sull'orlo di una fumarola prossima alla bocca di eruzione. Saggiata questa sublimazione allo spettroscopio, ho ravvisato le righe del sodio e del « potassio, ed una riga lineare ben distinta che corrisponde esattamente alla D_3 che è « quella dell'Hélium. Dò per ora il semplice annunzio del fatto, proponendomi di « ritornare sopra questo argomento dopo di aver sottoposto la sublimazione ad una « analisi chimica ».

Di questa sua asserzione però il Palmieri non dette, nè subito, nè successivamente, alcuna dimostrazione.

Intanto nel gennaio del 1895 Sir W. Ramsay (1) presentava alla Società Reale di Londra, in nome suo e di Lord Rayleigh, i tentativi fatti per combinare l'argo, da essi allora scoperto, con altri corpi semplici, e l'indomani riceveva dal sig. Myers, il mineralogista del *British Museum*, la seguente lettera:

« Je ne sais si vous avez mentionné l'Uranium hier parmi les éléments sur « lesquels vous avez expérimenté à propos de l'Azote et de l'Argon. La présence fréquente de l'Azote (?) dans les uranates naturels (voyez Hillebrand, American Journal « of Science, Bull. U. S. Geological-Survey, t. LXXVIII, p. 43) me fait penser qu'il « serait utile de faire quelques expériences dans cette direction; peut-être les avez « vous déjà essayées et dans ce cas je vous prie d'agréer mes excuses pour vous avoir « rappelé les resultats de Hillebrand ».

Sir W. Ramsay, come egli stesso dichiara, non aveva fatto alcun tentativo per raccogliere i gas dell'uranite ed il consiglio del sig. Myers aveva troppo valore ai suoi occhi per essere trascurato. Egli si procurò perciò subito della *cleveite*, minerale norvegese, scoperto da Nordenskjöld, e contenente un uranato complesso di torio, uranio e piombo e coll'acido solforico diluito ne estrasse i gas, da cui separò l'azoto cogli stessi metodi che gli servivano per purificare l'argo.

Ottenne così un residuo gassoso che nel tubo di Plücker dava non solo lo spettro caratteristico di questo nuovo elemento, ma mostrava inoltre nel giallo una linea brillante ed altre nel rosso, verde, azzurro e violetto che gli erano ignote. Specialmente la linea gialla richiamò la sua attenzione, e volendo comparare lo spettro così ottenuto con altro dell'argo contenuto in un Plücker, munito di elettrodi di magnesio preparato col sodio, data la volatilità di quest'ultimo, osservò che le linee gialle che forniva non corrispondevano a quelle del gas ricavato dalla cleveite.

Avendo nella stessa sera Sir W. Crookes determinata la lunghezza d'onda della nuova linea (5874,9), trovò che coincideva esattamente colla D_3 dell'elio, e solo da quel momento poteva veramente dirsi che questo elemento fosse stato scoperto nel nostro pianeta. Ricordando nel suo magistrale lavoro sull'Hélium (2) la notizia del Palmieri, ecco come Sir W. Ramsay si esprime:

« En 1882 l'astronome (?) italien Palmieri annonça dans les Comptes Rendus « de l'Académie de Naples qu'il avait découvert l'hélium dans une substance molle

(1) Ann. de Chimie et de Phys, 7a serie, t. 13, pag. 433 (1898).
(2) Loc. cit. a pag. 3.

« faisant partie d'une lave du Vésuve: il en détermina la longueur d'onde (5875) (?), « mais les détails de ses expériences font défaut.

« Il semble avoir observé la raie de l'hélium sans avoir isolé aucun gas ».

Undici anni dopo R. Nasini e F. Anderlini sottoposero ad un accurato controllo l'osservazione del Palmieri [1], esaminando lo spettro di fiamma d'incrostazioni analoghe a quella da lui descritta, e cioè:

a) Incrostazioni bianche a consistenza caseosa, saponacee al tatto e di reazione nettamente acida;

b) Incrostazioni giallo-rosse di consistenza molle, di odore irritante nettamente acido;

c) Incrostazioni verdi di una fumarola delle lave del 1891;

d) Incrostazioni della solfatara di Pozzuoli,

ma con risultato perfettamente negativo per quanto riguardava la presenza dell'elio.

Dopo aver ripetuto ed esteso le esperienze di Liveing [2] sulla impossibilità di poter vedere lo spettro dell'idrogeno nella fiamma del gas ossi-idrogeno, ed aver fatto con esito pure negativo numerose prove con minerali contenenti elio, sia direttamente alla fiamma ed umettati con acidi oppur no, sia impiegando la scintilla elettrica, conclusero che: « *gli spettri caratteristici dei gas non possono apparire nelle ordinarie* « *condizioni delle fiamme* ».

Ma in un lavoro successivo [3] gli stessi autori, pur considerando la questione come definitivamente chiusa nel senso che « *nelle fiamme ordinarie non si rendono* « *visibili gli spettri dei gas per il solo effetto del calore, e che in caso affer-* « *mativo vi ha concomitanza di reazioni chimiche e limitata ad alcuni corpi* »; tenendo presenti le osservazioni di Watts [4] sulle linee dell'idrogeno nella fiamma che si sprigiona dal forno Bessemer e dell'Hartley [5], che le confermò con fotografie in cui esse si mostrano rovesciate, prova non dubbia che sono originate nella fiamma; ricordando le considerazioni di Liveing e Dewar [6] i quali richiamarono l'attenzione sul fatto che la temperatura di una sostanza che si trova in una fiamma può essere elevata oltre la temperatura media della fiamma stessa, se i materiali di questa ed altre sostanze che in essa vengono introdotte subiscono delle trasformazioni chimiche, ritennero « *non assolutamente inaccettabile l'idea che questi corpi gassosi in condi-* « *zioni di combinazioni speciali, in fiamme che posseggono temperature appropriate,* « *possano dare spettri di emissione* ». Per cui, dopo aver citato anche il fatto osservato da Thomsen [7] che l'elio quando si libera da corpi che lo contengono può dar

(1) Gazz. Chim. Ital., XXXVI, p. II, 557 (1906).

(2) Liveing, *Note on Plücker's supposed detection of the line-spectrum of hydrogen in the oxydrogen flame.* Phil. Mag. (5), 34, pp. 371-375 (1892).

(3) *Osservazioni spettroscopiche ad altissime temperature.* Gazz. Chim. Ital. XXXVI, P. II, 561 (1906).

(4) *On the spectrum of the Bessemer flame.* Phil. Mag. (4), 34, pag. 437 (1867).

(5) *Flame spectra at high temperatures.* Phil. Trans. 185, A, pag. 1041 (1894).

(6) *Investigations on the spectrum of Magnesium.* Proc. Roy. Soc., 44, pag. 241 (1883).

(7) Zeit. f. Phys. Chem. 25, 112 (1898).

luogo a fenomeni di luce e di calore, concludono che « *non sembra assolutamente* « *impossibile che il Palmieri abbia potuto vedere lo spettro dell'elio, benchè essi* « *non siano riusciti ad ottenere spettri di emissione visibili di altri gas nelle* « *fiamme comuni, anche nelle più calde, e benchè i loro studi sui prodotti vesu-* « *viani mai abbiano loro fatto riscontrare la riga dell'elio quando si sono messi* « *nelle condizioni precisate dal Palmieri* ».

Ad ogni modo, anche volendo accostarsi alla conclusione così modificata dei signori Nasini, Anderlini e Salvadori, è ormai fuori dubbio che il Palmieri non dimostrò spettroscopicamente la presenza dell'elio nel Vesuvio (1), non isolò alcun gas, nè indicò la specie mineralogica da cui proveniva, rendendo così impossibile un qualunque controllo. Anzi, come più sopra venne esposto, ogni tentativo dei citati autori per riconoscere l'elio nelle sublimazioni del Vesuvio col metodo da lui indicato o sottinteso, ebbe risultato negativo, ed egualmente posso affermare io stesso, dopo le numerose prove che ho fatto, operando nel modo indicato dal Palmieri, con sublimazioni od incrostazioni raccolte in differenti epoche ed in differenti località del Vesuvio.

Nel loro poderoso lavoro sulle *Emanazioni terrestri italiane* (2), i professori Nasini, Anderlini e Salvadori riferiscono (P. II, pag. 34) le ricerche fatte sui gas del Vesuvio e sui gas delle lave, e precisamente sui gas provenienti da due emanazioni accessibili del cratere del Vesuvio, raccolti direttamente od ottenuti nel trattamento con acido solforico concentrato di « *poco più di un chilogrammo di roccia profon-* « *damente alterata con incrostazioni superficiali* » e da 400 gr. di « *una massa* « *dura benchè umidiccia che rivestiva la roccia al disopra di una fumarola e* « *presentava varie colorazioni fra le quali predominava il rosso ed il giallo su* « *fondo bianco grigio* ».

Nella grande tabella del citato lavoro in cui sono riportate le lunghezze di onda delle righe che presentano gli spettri di questo gas (da pag. 46 a pag. 57), se ne osservano alcune che hanno la stessa lunghezza di onda di quelle dell'elio o vi si accostano come quelle che corrispondono a $\lambda = 493{,}4$ ed a $\lambda = 470{,}3$.

Per comodità del lettore le raccolgo nel seguente quadro:

(1) Lo spettroscopio Dubosq a quattro prismi, acquistato dal Palmieri il 18 febbraio 1876 e che ora si trova nel nuovo Istituto di Fisica Terrestre diretto dal prof. C. Chistoni, permette di vedere ben distinte l'una dall'altra le D_1, D_2, D_3.

(2) R. Accad. dei Lincei. Parte I, anno CCXCIV, serie V, (7 febbraio 1897). Parte II, anno CCCI, serie V (20 marzo 1904).

VESUVIO																
FUMAROLA SULLA SPACCATURA DEL 1895								FUMAROLA del cratere		ROCCIE ALTERATE — Spettro				INCROSTAZIONI — Spettro		SPETTRO DELL'ELIO — LUNGHEZZE D'ONDA secondo Runge e Paschen U. A.°
Prima del trattamento con acqua		Dopo assorbimento con acqua														
		2° e 3° riempimento		1° riempimento Gas con N ed H Spettro I		Spettro II e III										
rosso λ (A)	i	rosso λ (B)	i	azzurro λ (C)	i	azzurro λ (D)	i	rosso λ (E)	i	rosso λ (F)	i	azzurro λ (G)	i	azzurro λ (H)	i	
666,9	8	667,8	8	—		667,8	2	668,0	7	667,8	4	666,9	3	—		6678,1 ! rosso
—		—		—		—		—		—		587,5	1	—		D_3 5876,03 !!! giallo magnifico
504,8		504,8		—		—		—		504,8		—		504,8	4	5047,82 d giallo verde
—		—		501,7	6	501,7	7	501,7		—		501,7	5	501,7	2	5015,75 !! verde molto forte
—		493,4	1	493,4	6	493,4	4	—		493,4		493,4	4	493,4	1	4922,08 !!! verde fortissimo
470,3	6	470,3	7	—		—		470,3	7	470,3	7	—		—		4713,28 ! azzurro forte
—		447,5	1	447,5	5	447,5	6	—		—		447,5	5	447,5	4	4471,75 !!! azzurro fortissimo

Ora basta dare uno sguardo a questo quadro per apprezzare la riserva mantenuta dagli A. nel dare le loro conclusioni relativamente alla presenza dell'elio nei prodotti vesuviani che esaminarono. Infatti in 7 degli 8 spettri riportati manca precisamente la $D_3(\lambda = 5876.03)$, che è la linea caratteristica di questo elemento, e nell'unico nel quale si trova indicata con molta approssimazione, cioè nello spettro azzurro delle rocce alterate, essa lo è con la insolita intensità di 1, mentre le altre che, ad eccezione della verde, sono sempre meno visibili, vengono indicate rispettivamente con intensità maggiori, cioè 3 per la 666,9; 4 per la 504,8; 5 per la 501,7; 4 per la 493,4. Anche tenendo conto delle osservazioni di J. N. Collie e di W. Ramsay sul comportamento di miscele di azoto, argo ed elio sotto l'influsso della scarica elettrica [1], la cosa, per chi legge, non è tanto facilmente spiegabile.

Il chiaro collega Ch. Moureu di Parigi, ben noto per le sue ricerche sui gas nobili delle acque minerali e che, dietro la mia preghiera, esaminò una miscela di argo con $^1/_{10}$ di elio, contenuta in un Plücker alla pressione di 4 mm., mi riferì di non aver potuto osservare in tali condizioni nello spettro rosso alcuna linea dell'elio, ad eccezione forse della $\lambda = 504{,}8$; mentre nello spettro azzurro, ottenuto facendo passare la scarica d'intensità nel medesimo Plücker, poteva vedere solamente la D_3 con intensità 6 e la rossa, $\lambda = 6678{,}1$, con intensità 3.

Non credo perciò di dover insistere su questo punto; solo, data la grande quantità di aria che gli A. stessi riconoscono di aver raccolto dalle fumarole, e dato che assorbirono l'azoto, non si comprende la mancanza della D_3 nei loro spettri, che come dirò più oltre, si può osservare con esigua quantità di aria.

Per quanto riguarda poi i gas delle rocce alterate, il metodo di espellere l'aria in esse contenuta mediante il vuoto e l'anidride carbonica sviluppata dal carbonato di manganese, non mi pare abbastanza efficace, ed oggi infatti si adopera di preferenza l'ossigeno prodotto dal permanganato. Ma in ogni caso gli A. non hanno specificato la natura mineralogica delle rocce ed incrostazioni da essi esaminate e per questo riguardo dobbiamo pur dire che ci troviamo nello stesso caso della *sostanza amorfa di consistenza butirrosa* ecc., esaminata dal Palmieri e della quale si ignora la composizione chimica e mineralogica.

La notizia data da W. Prandtl nell'articolo sull'elio nel *Gmelin Kraut's* (Hand. d. anorg. ch. VII ediz., vol. I, parte I, pag. 7), che « *R. Nasini und seine Mitarbeiter fanden Helium in geringerer Menge in einigen vesuvianischen Produkten* » si riferisce probabilmente ad una breve Nota più recente, nella quale il Nasini annuncia di aver riscontrato l'elio in alcuni prodotti vesuviani e dà la notizia che il dott. Anderlini ha esaminato il solfato baritico, notevolmente radioattivo, proveniente da *una roccia* del Vesuvio in cui era stato trovato elio e bario [2]. Ma anche di tali osservazioni mancano finora le indicazioni analitiche, specie per quanto riguarda la natura dei minerali vesuviani contenenti elio e della roccia in cui tale elemento fu riscontrato insieme al bario; tanto più che minerali di bario non si conoscono fin qui nel vesuvio ed è noto un solo caso di analisi di sanidino contenente bario (1,18 % BaO) eseguita da A. Knopp su frammenti tolti dalla sabbia del mare fra Portici e Napoli [3].

(1) Zeitschr. f. Physik. Chem. XIX, 701 (1896). Proc. of. the Roy. Soc. vol. LIX, n. 356, pag. 257 (1896).

(2) *Ricerche sulla Radioattività in relazione colla presenza dell'Elio.* Rend. Acc. Lincei, Vol. XIII, 1° sem. 15ª ser. fasc. 5° (6 Marzo 1904).

(3) Atti R. Acc. Sc. fis. e mat. di Napoli. *Mineralogia vesuviana,* di F. Zambonini. Vol. XIV, ser. 2ª, n. 6, pag. 106.

Sin dal 1895, cioè dopo la scoperta dell'argo nell'atmosfera, io avevo manifestato alla Reale Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli, il proposito di ricercare quel gas, nonchè l'elio, nei materiali solidi e gassosi del Vesuvio; tale desiderio però potei soddisfarlo, almeno in parte, solo in questi due ultimi anni cogli speciali sussidî avuti per questo scopo da S. E. il Ministro Rava, al quale porgo i dovuti ringraziamenti, e per il fatto che sino dal 1901 l'Istituto da me diretto è in possesso di una macchina per la produzione dell'aria liquida, liberalmente donata dal sig. G. Forastieri di Roma.

Nei primi tempi, per la preparazione dei residui gassosi, avevo seguìto il noto sistema dell'assorbimento dei gas con sostanze che hanno la proprietà di trattenerli (calce sodata, rame, ossido di rame, calcio, lega liquida di potassio e sodio, ecc.), ma ben presto, viste le difficoltà pratiche di raggiungere con questi rapidamente e sicuramente lo scopo, utilizzai l'ammirabile scoperta di Sir James Dewar [1] del grande potere assorbente per i gas che il carbone, raffreddato alla temperatura dell'aria liquida, possiede, e del vario coefficiente di assorbimento che mostra a seconda della sua natura e della sua provenienza. Infatti, mentre i gas comuni vengono in tali condizioni assorbiti in quantità notevoli, l'elio lo è solamente in piccola parte, e perciò può essere separato e spettroscopicamente riconosciuto anche in quantità molto piccola, essendo così tolta la inibizione spettrale degli altri gas, fra cui quella dell'azoto che lo nasconde anche se contenuto nella proporzione di $^1/_3$ nelle miscele, come dimostrarono Collie e W. Ramsay.

Siccome alcune prove fatte col carbone di cocco, preferito fra gli altri dal Dewar, mi avevano mostrato una diseguaglianza di azione dello stesso, e non avendo trovato nella letteratura dati nè comparabili, nè abbastanza precisi, sul coefficiente di assorbimento e di degasamento delle più comuni varietà di carboni alla temperatura dell'aria liquida, così ho creduto, in via preliminare, di intraprendere insieme al mio assistente, dott. Gennaro Magli, uno studio sistematico su di essi, onde vedere quali specie, operando sempre nello stesso modo, presentassero tale proprietà in massimo grado ed in quali condizioni questo si potesse raggiungere.

Le ricerche ebbero per oggetto due distinte categorie di carboni: una proveniente dai pericarpi sclerosi del Cocco (*Cocus Nucifera*), Albicocco (*Prunus Armeniaca*), Ciliegio (*Prunus Cerasus*), Carrubbo (*Ceratonia Siliqua*); l'altra dal legno dei tronchi e rami di Fillirea (*Phillyrea Media*), Grevillea (*Grevillea Robusta*), Bosso (*Buxus Sempervirens*), Kaki (*Diospyros kaki*), Castagno (*Castanea Vesca*), Pioppo (*Populus Nigra*), Prugno (*Prunus Virginiana*), Robinia (*Robinia pseudo Acacia*), Abete (*Abies Alba*), Noce (*Juglans Regia*), Pino (*Pinus rigida*).

[1] James Dewar, *Nuovi fenomeni a bassa temperatura.* Chem. News, vol. 94, n. 2446, pag. 173. *Svolgimento termico ed assorbimento di gas con carbone a bassa temperatura.* Proc. Roy. Soc., 1904; Chem. News, XC, 73. *Produzione di alti vuoti e studî spettroscopici. Separazione dei gas come l'Elio, Neo e Idrogeno dall'aria ed altri miscugli di gas.* Roy. Soc. Proc. 1904. — Le stesse Memorie sono pubblicate negli Annales de Chimie et de Phys. VIII Serie, III, (1904) p. 1. *Sur l'occlusion des gas par le charbon de bois aux basses températures et sur le dégagement de chaleur qui l'accompagne.* p. 12. *Séparation directe, sans liquéfaction, des gas les plus volatiles de l'air.*

La carbonizzazione si effettuava in bagni di sabbia portati ad alta temperatura, ed il carbone veniva successivamente lavato molte volte a caldo con acqua distillata e quindi seccato nella stufa ad aria. Di tali carboni se ne determinò la densità per studiare l'influenza che questa potesse avere nel fenomeno dell'assorbimento e del degasamento.

Per studiare tale fenomeno i carboni si rinchiudevano in cilindri di vetro resistente, chiusi da un lato e dall'altro fortemente tappati. Due tubi di vetro, uno per l'assorbimento e l'altro pel degasamento, attraversavano il tappo ed erano muniti esternamente di rubinetti. Il gas adoprato fu l'aria, la quale prima di venire assorbita dal carbone, si lasciava passare sull'acido solforico e sulla potassa onde privarla del vapor d'acqua e dell'anidride carbonica i quali, avendo una temperatura di solidificazione superiore a quella dell'aria liquida, avrebbero formato sulla superficie del carbone uno strato solido, tale da sospenderne le proprietà assorbenti.

Il tubo di svolgimento immetteva in un cilindro graduato ripieno di una soluzione satura di cloruro di sodio e capovolto su questa. Benchè occorrano molte ore, e per certi gas perfino alcuni giorni, perchè l'assorbimento fosse completo, nelle ricerche col dott. Magli, limitammo a 15 minuti il tempo durante il quale esso si effettuava poichè, date le piccole dimensioni degli apparecchi impiegati e la limitata quantità di carbone in essi contenuta (non maggiore di 5 gr.), la temperatura dell'aria liquida veniva subito raggiunta. Inoltre, com'è risaputo, protraendosi il contatto di una miscela di gas col carbone, questo, alla fine, non li assorbe più nelle proporzioni con le quali essi si trovano nel miscuglio e queste premeva che non variassero in alcuna guisa. Nel degasamento, prodotto in una stufa cilindrica a doppia parete, il carbone era portato gradatamente sino alla temperatura di 550°. Operando sempre nello stesso modo, per tutte le varietà di carbone, e facendo per ognuna di esse tre determinazioni con tre campioni diversi, prelevati dalla stessa massa, si sono ottenuti, come medie, i valori che nella tavola seguente sono disposti a partire dal maggior rendimento per ogni cm³ di carbone. Da questa tavola si vede che, meglio del carbone di cocco, si presta di più *quello dei noccioli di ciliegie* per l'assorbimento dei gas a bassa temperatura.

CARBONE DI	VOLUME di 1 gr.	DENSITÀ	QUANTITÀ di gas sviluppato per cm³ di carbone da —192° a +550°
Ciliegio (noccioli)	0,6100	1,6393	Cm³ 280,1
Cocco (legno della noce) . .	0,6898	1,4497	» 251,8
Fillirea (rami)	0,6680	1,4970	» 222,4
Grevillea (rami)	0,6951	1,4383	» 212,7
Abete (tronco)	0,8403	1,1901	» 199,5
Castagno (tronco)	0,7690	1,3000	» 186,3
Bosso (tronco)	0,7046	1,4192	» 138,5
Kaki (rami)	0,7464	1,3398	» 134,5
Pioppo (tronco)	0,7733	1,2802	» 134,1
Prugno (rami)	0,8091	1,2359	» 133,0
Carrubbo (semi)	0,6145	1,6274	» 131,5
Albicocco (noccioli)	0,7146	1,3994	» 129,5
Noce (tronco)	0,7615	1,3132	» 118,6
Pino (tronco)	0,7626	1,3114	» 111,1
Robinia (rami)	0,8184	1,2218	» 99,9
Bosso (rametti)	0,8512	1,4192	» 92,4

Il modo di preparazione del carbone influisce sul coefficiente di assorbimento dei gas [1], perciò, per quanto riguarda quello ottenuto dai noccioli di ciliegie, ecco quali sono le condizioni più adatte per la sua preparazione:

Dapprima i noccioli si mettono a macerare per qualche giorno nell'acqua, per privarli completamente di quelle porzioni di endocarpo che restano spesso attaccate, quindi si lavano accuratamente, si fanno seccare e si spaccano per metà sopra il taglio di uno scalpello, battendovi sopra con un martellino e separando nello stesso tempo la mandorletta, che non serve. Questi *mezzi gusci* così ottenuti si dispongono in una capsula di ferro e si ricoprono di sabbia ben pulita, nella quale si fanno dei forellini e si riscalda gradatamente con una forte lampada. Allorchè non escono più vapori dalla sabbia, ciò che avviene dopo qualche ora, il carbone è pronto e lo si separa dalla sabbia stessa con uno staccio metallico e gli si dà un'ultima calcinazione in un crogiuolo di nickel pieno e ben coperto. Ciò fatto, lo si lava a caldo per qualche giorno con acqua distillata, ed in ultimo lo si fa asciugare in una stufa ad aria.

Apparecchi per la ricerca dell'elio.

Gli apparecchi per la ricerca dell'elio, che io stesso ho costruito, dovendo soddisfare alle condizioni di esser semplici, facilmente maneggiabili, molto sensibili e

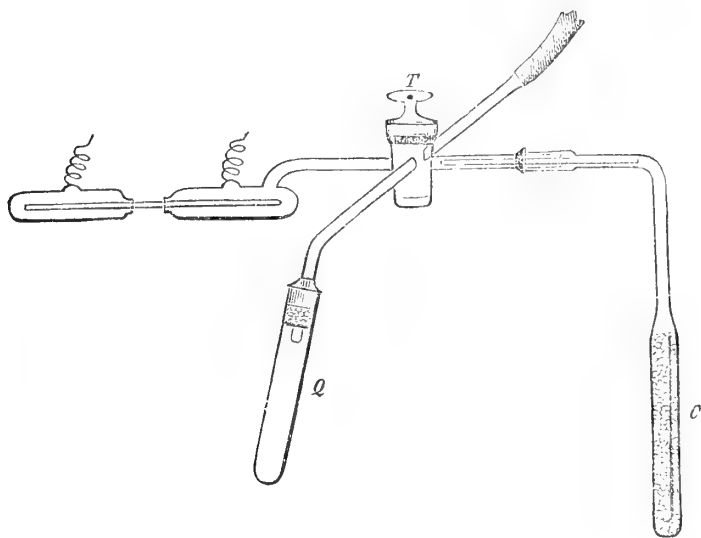



Fig. 1.

tali da poter raggiungere rapidamente lo scopo, furono oggetto di numerose e pazienti prove. Come quasi sempre avviene, da forme più complicate sono mano a mano arrivato alle più semplici, togliendo tutto ciò che era superfluo e perfezionando le parti essenziali. Ho ottenuto così un apparecchio (fig. 1) che mi pare soddisfi alle condizioni indicate e che può facilmente esser messo insieme in laboratorio riunendo

[1] P. A. Favre, Compt. Rend., T. XXXIX, pag. 728 (1854).

colle opportune saldature, od anche con masticature, le diverse parti, che sono le seguenti:

I. *Un tubo di quarzo* Q, nel quale vengono scaldati pesi noti di minerali o di roccie, opportunamente polverizzati, introdotti senz'altro nel tubo, se sono infusibili, o in caso contrario messi in un ditalino di platino, il quale protegge il tubo stesso dalla loro azione e lo fa durare più a lungo.

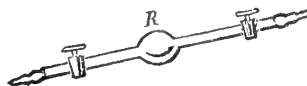



Fig. 2.

Quando si vogliono studiare gas naturali o già in precedenza separati dai minerali o dalle roccie, il tubo di quarzo viene sostituito da un piccolo recipiente R (fig. 2) di volume noto, chiuso mediante due rubinetti a perfetta tenuta, e nel quale il gas è introdotto per spostamento od altrimenti. Questo recipiente può venire sostituito anche da altro a più bolle di volume noto o da una *pipetta a gas*.

II. *Un tubo di vetro poco fusibile* C che contiene i noccioli di ciliegie carbonizzati (12-15 gr), uniformemente distribuiti, e nella parte superiore coperti con un piccolo batuffolino di amianto.

III. *Un tubo di Plücker* avente un capillare interno della lunghezza da 16 a 20 cm. e disposto orizzontalmente per modo che la scarica viene osservata sotto tale spessore, ciò che rende molto sensibile l'osservazione.

Il tubo di Plücker, mediante saldatura, ed il tubo C, per mezzo di una fine smerigliatura, sono uniti coi due tubi opposti di un rubinetto a tre vie T, a serbatoio di mercurio e che porta due altri tubi disposti a croce coi precedenti, uno dei quali, un po' più lungo degli altri, comunica, nel modo che dirò in seguito, col tubo di quarzo, col recipiente a gas, o colla pipetta a gas, mentre il quarto tubo è masticato ad un tubo di gomma molto spesso che porta un rubinetto a tre vie comuni-

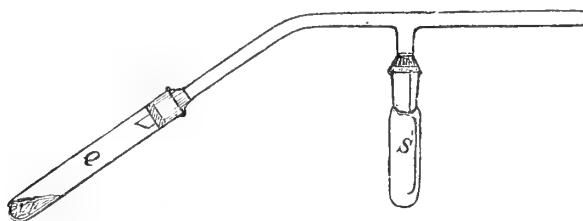



Fig. 3.

cante con una pompa di *Gerick*, oppure, ciò che è meglio, con una di *Gaede* messa in moto da un piccolo motore elettrico, le quali servono a fare il vuoto nell'apparecchio.

Quando si sperimenta con minerali o con roccie che forniscono acqua nel riscaldamento, è necessario che questa venga assorbita, poichè, in caso diverso, si congela nel tubo a carbone o sui noccioli stessi ed impedisce il loro regolare funzionamento. Serve opportunamente allo scopo un piccolo serbatoio S (fig. 3), saldato inferiormente

al tubo che immette i gas nell'apparecchio, in prossimità del tubo di quarzo, e nel quale si introduce anidride fosforica, potassa caustica, ecc., a seconda del bisogno. In mancanza di questa appendice si può anche riempire in modo conveniente, colle citate sostanze, un lungo tubo A (fig. 4), che si introduce in quello laterale smonta-

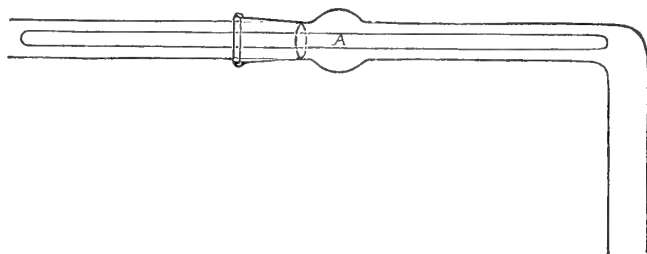



Fig. 4.

bile, per diminuire il volume interno dell'apparecchio, e che è in comunicazione col tubo a carbone, il quale deve avere un diametro sufficiente per lasciar passare i noccioli di ciliegie carbonizzati, quando occorre di cambiarli. Quando si sperimenta con minerali che contengono molta acqua, in luogo di adoperare sostanze disidratanti, si fa solidificare l'acqua sviluppata nel riscaldamento in un tubo (fig. 5) che s'im-

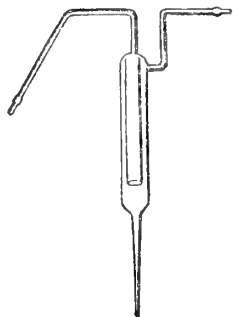



Fig. 5.

merge nell'aria liquida, e che è collocato al posto del tubicino per l'anidride fosforica. Questo tubo compie anche l'ufficio di fermare la polvere fina che vien projettata dalla sostanza durante la calcinazione.

Per questa ragione i minerali che forniscono acqua debbono essere scaldati dapprima molto lentamente e portati al rosso, per il tempo occorrente, solo verso la fine.

Funzionamento dell'apparecchio.

Per la ricerca dell'elio bisogna evitare assolutamente che penetri nell'apparecchio una quantità purchessia di aria, la quale, anche in tracce molto piccole, si manifesta colla comparsa nello spettro delle righe del neo.

Infatti Rutherford e Royds in un recente lavoro (1) hanno potuto osservare la linea gialla di questo gas dopo la introduzione di $^1/_{15}$ di cm^3 di aria nell'apparecchio che loro serviva per lo studio dell'azione dell'emanazione del radio sull'acqua. Ora, secondo i dati di Ramsay, $^1/_{15}$ di cm^3 di aria contiene un milionesimo di cm^3 di neo. Con $^2/_{15}$ di cm^3 di aria gli Autori ne vedevano le righe rosse e con $^1/_5$ di cm^3 lo spettro quasi completo e molto brillante.

Nei limiti, che più oltre indicherò, la penetrazione di aria può permettere la visione anche della linea gialla dell'elio, falsando così i risultati della ricerca. Ora i punti di penetrazione dell'aria nell'apparecchio, data la sua costruzione, non possono essere che il rubinetto centrale a tre vie, oppure le congiunzioni del tubo di quarzo col tubo di entrata dei gas nell'apparecchio stesso e del tubo a carbone, nel caso che questo non fosse saldato addirittura all'apparecchio.

Essendo il rubinetto centrale di ottima fattura (*Müller-Uri*) ed a tenuta del vuoto catodico in ogni sua posizione, la penetrazione dell'aria non può avvenire che per le congiunzioni del tubo di quarzo e del tubo a carbone, e queste furono perciò oggetto di lunghe e pazienti prove per farli tenere perfettamente il vuoto.

Non essendo stato possibile di saldare il vetro col quarzo, nè direttamente, nè per interposizione di silicati metallici o di leghe, che in generale non aderiscono alle pareti, ed il tubo a carbone dovendo essere smontabile, dovetti ricorrere ai soliti mastici con risultati più o meno buoni.

Finalmente raggiunsi l'intento adattando al tubo di vetro dell'apparecchio un buon tappo di gomma rossa, che immergevo con qualche sforzo nel tubo di quarzo stesso sino a due o tre centimetri dall'orlo, e riempivo lo spazio vuoto con una miscela di cera vergine e colofonia abbastanza calda, e per quanto riguardava la congiunzione a fine smeriglio dell'apparecchio col tubo a carbone la masticavo esteriormente colla stessa miscela. Tali chiusure, potendo mantenere il vuoto catodico per parecchie ore, furono adottate e me ne servii senz'altro lungo tutto il lavoro.

Ciò premesso, ecco come veniva eseguita la ricerca dell'elio nei minerali:

Prova in bianco. — Prima di cominciare una serie di ricerche, specialmente con un apparecchio nuovo, è mestieri di provarlo in bianco. Perciò mentre si estrae l'aria dapprima con una buona pompa a caduta d'acqua e poi con una *Gaede*, s'immerge il tubo contenente il carbone in un manicotto di ferro, che si scalda con una fiamma *Bunsen*, avendo cura che il tubo di vetro non tocchi nè il fondo, nè le pareti. Trascorsa almeno un'ora, si toglie la fiamma ed in seguito anche il manicotto, in modo che il raffreddamento si raggiunga lentamente, completandolo verso la fine coll'avvolgere il tubo stesso con carta bibula bagnata con acqua fredda. Dopo ciò si gira il rubinetto per escludere l'azione della pompa e si immerge a poco a poco il tubo a carbone asciutto in un cilindro di Dewar contenente aria liquida, e si osserva contemporaneamente, mediante lo spettroscopio, il comportamento della scarica nel tubo di Plücker. Nel primo tempo si vede lo spettro scannellato dello azoto colle tre righe principali dell'idrogeno e talvolta anche lo spettro del mercurio che proviene sia dalla *Gaede*, sia dal rubinetto centrale, quando nel serbatoio si mette del mer-

(1) Le Radium, T. VI, n. 1, pag. 10 (1909).

curio. Raffreddando però successivamente il carbone sino a —192°, l'azoto viene assorbito ed appaiono numerose le linee dell'argo e quelle rosse del neo, che durano sino a che il vuoto catodico non viene raggiunto.

A questo punto, se nel gas residuale del Plücker vi sono tracce anche minime di elio, si vede distintamente la D_3 in prossimità alle due linee del sodio, che in generale non mancano. In caso diverso vuol dire che il carbone è stato ben degasato e che non fornisce più l'elio che ha assorbito in precedenti operazioni. Con un riscaldamento di un'ora, come è stato indicato, questo non avviene mai.

Per assicurarsi poi che il tubo di quarzo mantiene perfettamente il vuoto e non è permeabile al calor rosso, lo si riscalda con un becco *Méker*, senza il minerale, per circa dieci minuti.

Di regola, in principio del riscaldamento, ricompaiono le linee dell'azoto, quelle dell'argo e del neo per la piccola quantità d'aria, che aderisce alle pareti del tubo, ma fuggevolmente, poichè si tratta di minime tracce che vengono subito assorbite dal carbone. Non rimangono nello spettro che le linee dell'idrogeno, del mercurio, e talvolta quelle del sodio, quando il vuoto catodico è raggiunto, ma mai la D_3 dell'elio se il tubo di quarzo è di qualità buona e non è avariato. I tubi di quarzo opaco, per la loro particolare struttura, sono talvolta permeabili e non servono per queste ricerche.

Prova col minerale. — Girato il rubinetto a tre vie in modo che il tubo a carbone resti chiuso e fatta rientrare lentamente l'aria nell'apparecchio, si scalda l'estremità superiore del tubo di quarzo con una fiammella in modo da fondere il mastice solo nella parte che è a contatto con la parete interna del tubo, il quale si toglie allora dal tappo con un semplice movimento circolare, e si lava con alcool caldo, nel quale il mastice è solubile. Dopo pulito e calcinato, vi si introduce il minerale semplicemente pestato in un mortaio di Abich e passato attraverso un setaccio assai fine. È meglio non fare uso della triturazione in mortaio d'agata, producendo tale operazione perdite d'elio, secondo le osservazioni di Moss [1], di Morris W. Travers [2] e di J. A. Gray [3]. Poscia il tubo contenente il minerale si riadatta al tappo dell'apparecchio colandovi al disopra il mastice, come si è detto.

In seguito si ripetono le operazioni precedentemente indicate, e si osserva lo spettro residuale dei gas svolti, immergendo sempre più profondamente il carbone nell'aria liquida.

L'assorbimento provocato da questo è illustrato dalla fig. 2 della Tav. I (v. in fine di questa Memoria) nella quale sono riprodotte, come viene indicato alla pagina seguente, le fotografie degli spettri ottenuti successivamente mediante i gas svolti da una miscela di 200 mgr. di sanidinite del Vesuvio contenente mgr. 1,5 di euxenite di Arendal.

Mentre il primo spettro della fig. 2, è dato dai gas avanti la immersione del carbone nell'aria liquida, i successivi vennero ottenuti durante la graduale immersione nella stessa sino al raggiungimento del vuoto catodico.

[1] Roy. Dublin, Soc. Proc., II, 8.

[2] Nature, 12 Genn. 1905.

[3] Roy. Soc. Proc. A., 82, 301-306 (1909).

Nei due spettri ottenuti in queste condizioni non sono più visibili che le linee 5876 e 5015,75 dell' He e la 4861,5 dell' H, ma molto più debole.

L'ultimo spettro è quello dell'elio puro che serve di riferimento.

Un criterio sicuro che l'operazione è stata fatta esattamente, lo si ha dalla mancanza della linea gialla del neo ($\lambda = 5852.6$, U. A°) la quale, in caso di infiltrazione d'aria, si mostra prima che la D_3 dell'elio.

Dopo alquante operazioni, ed a seconda della natura dei minerali riscaldati (alcuni dei quali svolgono acido fluoridrico), il tubo di quarzo diventa opaco e si deteriora per la formazione di piccole fenditure, che lo rendono inservibile.

Spettroscopio adoperato e rappresentazione dei risultati. — Lo spettroscopio che servì a queste ricerche, era un mediocre strumento di A. Krüss di Amburgo, con scala e piattaforma graduata, avente però due prismi molto luminosi. Per la perfetta collimazione all'infinito del cannocchiale e della fenditura, ho dovuto accorciare il tubo collimatore di quasi un centimetro, e, messa a fuoco anche la scala, ottenni un apparecchio che servì molto bene per questo genere di ricerche, poichè dava uno spettro chiaro, nitido ed abbastanza lungo. La scala è graduata da 0 a 50 coi seguenti riferimenti:

H (α)	divisione della scala	= 6.83	λ = 6562,1 U. A.°
Na (D_1)	»	= 10.14	» = 5896 »
Na (D_2)	»	= 10.17	» = 5890 »
He (D_3)	»	= 10.25	» = 5876 »
Ne (D_5)	»	= 10.40	» = 5852,6 »
H (β)	»	= 18.97	» = 4861,5 »
H (γ)	»	= 27.30	» = 4102,8 »

Per esprimere l'intensità relativa delle diverse righe dell'elio, mi valsi per ora dei segni: *ddd* per le righe *sfumate*, *dd* per le *molto deboli*, *d* per le *deboli*, *!* per le *distinte*, *!!* per le *brillanti*, *!!!* per le *splendenti*. Questa notazione, che ha un valore puramente relativo, fornisce nondimeno (data, come vedremo, la sensibilità dell'apparecchio da me costruito) un criterio abbastanza esatto per giudicare le proporzioni nelle quali esso è contenuto nei varî minerali, tenendo sempre presente che, secondo R. J. Strutt (1), mediante il calore vien liberata solo la metà dell'elio che contengono, come è anche il caso della cleveite e minerali affini (2).

Fotografia degli spettri. — Le prime prove fotografiche degli spettri ottenuti coi gas contenuti nei minerali furono eseguite sostituendo al cannocchiale dello spettroscopio precedentemente descritto una camera oscura, costruita dalla stessa casa Krüss, munita di obbiettivo e con telaio spostabile tanto lateralmente che dall'alto in basso, in modo da potere ottenere sulla medesima lastra, una sotto l'altra, diverse

(1) *Le Radium*, V, n. 7, pag. 203, luglio 1908.
(2) D. M. W. Travers, Proc. of the Roy. Soc. LXIV, pag. 141 (1899).

imagini fotografiche dello stesso spettro od anche di spettri differenti e questo nella regione che maggiormente interessava.

Ma per quanta buona volontà io vi abbia messo, data la imperfetta costruzione dell'apparecchio, non ho potuto ottenere con esso risultati soddisfacenti. Mi sono perciò avvalso di uno spettroscopio a tamburo della casa Hilger di Londra, fornito di un buon apparecchio fotografico, sostituibile con facilità al cannocchiale, e sebbene col suo unico prisma a riflessione interna le imagini fossero meno chiare di quelle che si potevano visualmente osservare coi due prismi dell'apparecchio di Krüss, pure le negative fotografiche ottenute furono molto migliori e son quelle colle quali vennero eseguite le riproduzioni fototipiche che accompagnano il presente lavoro.

Riguardo alle lastre fotografiche, dopo varie prove, ho adottate quelle pancromatiche della casa Wratten and Wainwrigt di Croydon (Surrey), sensibili sino a 7000 U. A°, e con le quali il tempo di posa variò da 2', per spettro d'intensità ordinaria, a 60', nel caso in cui nel Plücker si manteneva il vuoto catodico.

Le migliori fotografie si ottennero però quando nel tubo spettrale tale fase non era ancora raggiunta, ed in questo caso la posa occorrente, con un rocchetto di 7 Ampère, era di 7'. Per evitare che le imagini delle righe più brillanti non vengano circondate da aloni, che le offuscano, bisogna dare la minima posa possibile.

Sensibilità dell'apparecchio. — Onde apprezzare in modo semplice e pratico la sensibilità dell'apparecchio da me costruito, per riconoscere l'elio in una miscela gassosa e nello stesso tempo per confrontare l'intensità delle linee come si osservavano collo spettroscopio di Krüss e come venivano fotografate successivamente con quello di Hilger, ho preparato una miscela di sanidinite e di euxenite di Arendal (Norvegia) contenente l'1 per 100 di questo minerale.

Osservando gli spettri forniti da quantità progressivamente decrescenti di questa miscela, ho ottenuto i risultati rappresentati nella seguente tabella:

INDICAZIONI	QUANTITÀ in mmg. di Euxenite	LUNGHEZZE D'ONDA DELLE LINEE OSSERVATE DELLO SPETTRO DELL'ELIO (RUNGE E PASCHEN) U. A.°															
		7065,64	6678,1	5876,03 D_3	5047,82	5015,75	4922,08	4713,28	4471,75	4437,75	4388,11	4169,12	4143,91	4121,06	4026,43	3964,96	3388,5 (1)
Euxenite pura	100,00	!	!!	!!!	!	!!!	!!	!!	!!!	!	!	!	!!	!!	!!	!	!!!
Mmg. 1000 miscela di Euxenite e Sanidinite contenente . . .	1,00	—	!!	!!!	!	!!!	!!	!!	!!	—	!	?	?	?	—	—	—
» 500 » . . .	0,50	—	!!	!!!	!	!.!	!!	!!	!!	—	!	?	?	?	—	—	—
» 200 » . . .	0,20	—	d	!!	d	!!	!	d	!	—	!	—	—	—	—	—	—
» 100 » . . .	0,10	—	ddd	!	d	!	d	!	d	—	d	—	—	—	—	—	—
» 50 » . . .	0,05	—	—	d	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(1) Tale linea non è tra quelle determinate da Runge e Paschen e riportate negli Ann. de Ch. et de Phys. t. 13, s. 7, pag. 465 (1898); essa venne misurata direttamente collo spettrometro *Hilger* a tamburo.

Ora, secondo R. J. Strutt, l'euxenite della località indicata sviluppa col calore cm³ 0,73 di elio per grammo, vale a dire che:

Mg.	1000	di euxenite	sviluppano	mm³.	730	di elio
"	1	"	"	"	0,73	"
"	0,1	"	"	"	0,073	"
"	0,05	"	"	"	0,0365	"

Quindi con sicurezza col mio apparecchio si possono riconoscere *36,5 millesimi di millimetro cubo di elio*, volendo prendere, come estremo limite di visibilità, la riga avvertita con mgr. 0,05 di minerale.

Riguardo poi alla riproduzione fotografica degli spettri osservati, mentre l'occhio distingue collo spettroscopio Krüss abbastanza bene la D_3 data da $^1/_{20}$ di milligramo di euxenite, occorrono quantità alquanto maggiori per essere rivelata dalle lastre fotografiche adoperate coll'apparecchio Hilger, che pure sono fra le migliori del genere.

La figura 2 della Tav. I riproduce la fotografia degli spettri ottenuti colle seguenti quantità di euxenite:

1ª	fotografia	con mgr. 0,15	di euxenite;	posa	20′
2ª	"	" 0,30	"	"	"
3ª	"	" 0,60	"	"	"
4ª	"	" 1,50	"	"	"
5ª	"	" 3,00	"	"	"
6ª	"	" 6,00	"	"	10′
7ª	"	con elio puro	"	"	1′ ½

Analoghe prove vennero fatte con una miscela all'1 per 1000 di torianite. Il limite estremo al quale era ancora percepibile la D_3 dell'elio corrispondeva ad $^1/_{20}$ di mgr. del minerale! [1].

Devo ancora aggiungere che il massimo di sensibilità dell'apparecchio viene raggiunto allorchè il carbone è già stato usato in precedenti esperienze. Infatti, come è

[1] Mentre stavo costruendo i miei apparecchi per la ricerca dell'elio, comparve un lavoro del sig. Bordas di Parigi sulle *Recherches de faibles quantités d'hélium dans les minéraux* (Comptes Rend., t. CXLVI, n. 12, pag. 68, 1908), nelle quali l'A. si serve di un apparecchio fondato sullo stesso principio di Dewar dell'assorbimento dei gas col carbone alla temperatura dell'aria liquida, che mi pare non si raccomandi per semplicità e non offra sufficiente garanzia contro la penetrazione dell'aria, quantunque l'A. dichiari, che bastano le congiunzioni di gomma per mantenere il vuoto occorrente. Adoperando il Plücker in posizione verticale, l'A. non raggiunge una grande sensibilità, poichè egli si accontenta di riconoscere l'elio in 1-2 mgr. di un minerale ricco di questo elemento.

Questa limitata sensibilità del suo apparecchio in un successivo lavoro « *Recherche de l'hélium dans les minéraux contenants urane* » (Compt. Rend., t. CXLVI, pag. 896, 1908), gli ha fatto dire che « *les minéraux dans lesquels les sels d'urane sont nettement définis ou cristallisés ne* « *dégagent pas d'hélium ; tel est le cas de la torbernite, de l'autunite de Saint Symphorien, et* « *de la carnotite de Californie* ».

risaputo dalle ricerche del Dewar [1], il carbone alla temperatura dell'aria liquida, assorbe anche una certa quantità di elio, per quanto piccola rispetto a quelle degli altri gas, ed occorre quindi che, per rivelare le quantità molto tenui, che possono eventualmente essere contenute nei minerali o nei gas, esso si trovi in condizione di non trattenerlo in modo durevole, pur non cedendo per suo conto quello che rimane anche dopo un prolungato e fortissimo degasamento.

A questi saggi qualitativi e preliminari faranno seguito, in un successivo lavoro, determinazioni quantitative dell'elio nei diversi minerali, avendo già per queste costruito uno speciale apparecchio e fatta qualche prova soddisfacente.

Ricerca dell'elio nell'aria.

Vista la grande sensibilità raggiunta nella ricerca dell'elio nei minerali coll'apparecchio da me costruito, ho pensato che convenisse determinare il volume minimo di aria in cui si poteva con esso riconoscere la linea D_3 dell'elio, sia per togliere il dubbio che nei gas provenienti dai minerali la eventuale presenza di questa linea dipendesse da quelle tenui quantità di aria che agli stessi aderisce, anche facendo un buon vuoto, sia anche per contribuire alla soluzione di una questione non ancora ben definita, come quella della quantità di elio contenuta nell'atmosfera.

Com'è noto, Kayser [2], dopo aver constatata la presenza dell'elio nelle sorgenti di Wildbad (*Foresta nera*), lo cercò nell'aria di Bonn ed affermò che esisteva in quantità minima. S. Friedländer annunciò egualmente di aver osservato sei linee dell'elio oltre la D_3 nello spettro dell'argo separato dall'aria atmosferica.

Lord Rayleigh e Sir W. Ramsay, in seguito a quelle comunicazioni, lo cercarono più volte e con molta cura nell'aria senza riuscire, in quell'epoca, come essi stessi asseriscono, a trovarlo [3].

Ma Sir J. Dewar, nelle sue ricerche sul limite di pressione che poteva raggiungersi coi diversi gas mediante il loro assorbimento con carbone raffreddato coll'aria liquida [4], avendo fatta la singolare osservazione che nel Plücker che li conteneva la fase della fosforescenza non poteva raggiungersi nè coll'idrogeno, nè col neo, e neppure coll'elio, immaginò un apparecchio [5] col quale questi gas potevano

---

Io non ho potuto avere fin qui a mia disposizione che la carnotite di S. Miguel Co. Colorado, ma in 3 gr. di questa, trattenendo nel modo che ho esposto l'acqua che abbondantemente si sviluppa, ho potuto osservare abbastanza nettamente alcune linee dell'elio.

Ma poichè la carnotite e la torbernite sono minerali di origine recente, e poichè in essi anche l'elio dovrebbe essersi *recentemente* prodotto, ritornerò in un successivo capitolo sopra questo interessante argomento, ripetendo opportunamente le prove con questi e con altri minerali.

(1) Compt. Rend , t. CXXXIX, pag. 361 (1904).

(2) Chem. Zeit., 19, 1549 (1895).

(3) Ann. de Chim. et de Phys., VII ser., t. XIII, pag. 447 (1898). Vedi anche W. Ramsay « *Les gas de l'Atmosphère* », Paris, Carré et Naud, Editeurs, 1898.

(4) Compt. Rend., t. CXXXIX, pag. 261, luglio 1904.

(5) Ann. de Chim. et de Phys., VIII ser., t. III, pag. 17 (sett. 1904).

riconoscersi dopo avere assorbito gli altri componenti dell'aria. Con 200 cm³ di questa e 15 gr. di carbone di legno, raffreddato con aria liquida, egli potè osservare non solo le righe C ed F dell'idrogeno, la riga gialla ed alcune delle righe aranciate del neo, ma anche la riga gialla e le verdi dell'elio.

Nel residuo di un litro d'aria egli potè inoltre vedere tutte le righe dell'elio al polo positivo; la riga gialla del neo e la verde dell'elio erano però le sole ben distinte, mentre al polo negativo si scorgevano altrettanto bene le righe gialle del neo, quelle dell'elio e la riga E dell'idrogeno [1]. Più tardi F. Soddy [2], servendosi di uno speciale apparecchio, nel quale mediante la corrente elettrica si producono nel vuoto vapori di calcio, che assorbono tutti i gas, ad eccezione di quelli della serie dell'argo, riuscì a determinare l'elio in quantità molto piccole di aria.

Queste brillanti esperienze di Dewar e di Soddy non potevano però dare indicazioni al mio caso, epperò, avendo sostituito al tubo di quarzo un piccolo recipiente della capacità di cm³ 1,784, munito di due rubinetti a perfetta tenuta (vedi fig. 2, pag. 234), disposto l'apparecchio come se si trattasse di ricercare l'elio in un minerale, vi introdussi tante volte l'indicato volume d'aria fino a raggiungere cm³ 151,64, osservando ogni volta lo spettro del gas che rimaneva nel Plücker dopo avvenuto l'assorbimento mediante il carbone raffreddato coll'aria liquida.

Il risultato di questa esperienza, che durò circa 24 ore, è raccolto nella seguente tabella:

(1) Nel volume V del 2° supplemento del Wurtz, edito nel 1906, questa esperienza del Dewar non è ricordata. Gli autori dell'articolo sull'Hélium dicono: « D'ailleurs la présence de l'hélium « dans l'atmosphère n'est pas demontrée ».

(2) Soddy, Proc. Roy. Soc. 1907, 78 A, pag. 429.

Limite e successione di visibilità d

ARIA introdotta nell'apparecchio cmc.	LINEE OSSERVATE DELLO S							
	LUNGHEZZE D'ONDA							
	7065,64	6678,1	5876,03 D_3	5047,82	5015.75	4922,08	4713,28	4471,6
1,784	—	—	—	—	—	—	—	—
3,568	—	—	dd	—	—	—	—	—
5,352	—	—	d	—	—	—	—	—
7,136	—	—	d	—	ddd	—	—	—
8,920	—	—	d	—	dd	—	—	—
10,704	—	—	d	—	dd	—	—	—
12,488	—	—	!	—	dd	—	—	—
14,272	—	—	!	ddd	d	—	—	—
16,056	—	—	!	dd	d	—	—	—
17,840	—	—	!	d	d	ddd	—	—
19,624	—	—	!!	d	d	d	—	—
21,408	—	—	!!	d	d	!	—	—
23,192	—	—	!!	d	!	!	—	—
24,976	—	—	!!	!	!	!	—	—
26,760	—	—	!!!	!	!	!	—	—
28,544	—	—	!!!	!	!	!	—	—
57,088	—	—	!!!	!!	!!!	!!	ddd	ddd
60,656	—	—	!!!	!!	!!!	!!	!	d
62,440	—	—	!!!	!!	!!!	!.	!	d
64,224	—	—	!!!	!!	!!!	!!	!	d
76,712	—	—	!!!	!!	!!!	!!	!	d
78,496	—	ddd	!!!	!!	!!!	!!	!	d
83,848	—	dd	!!!	!!	!!!	!!	!	d
87,416	—	d	!!!	!!	!!!	!!	!	d
90,984	—	!	!!!	!!	!!!	!!	!	d
92,768	—	!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!
94,552	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!
101,688	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!
115,960	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!!
121,312	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!
151,640	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!
?	!!!	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!
?	!!!	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!

Eli nell'aria di Napoli (R. Università).

L'IO				OSSERVAZIONI
4169,12	4143,91	4121,06	4026,53	
—	—	—	—	Si vedono le linee del Neo nel rosso; la gialla (D_5, $\lambda = 5852,6$) è appena visibile.
—	—	—	—	Spettro più visibile del Neo, netta la D_5.
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	La D_5 del Ne è più visibile della D_3 dell'He.
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	Ugualmente brillanti la D_3 dell'He e la D_5 del Ne.
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	—	—	—	»
—	ddd	—	—	»
—	ddd	—	—	Con la fenditura dello spettroscopio molto aperta si svela la 6678,1.
—	ddd	—	—	»
—	ddd	—	—	»
—	ddd	—	—	»
—	ddd	—	—	»
—	ddd	—	—	»
—	ddd	—	—	»
—	dd	—	—	»
dd	d	—	—	»
d	!	—	—	»
!	!	—	—	»
!	!!	—	—	Non presentando lo spettro più alcuna variazione, si è fatta entrare l'aria in gran quantità fino a che il carbone poteva mantenere il vuoto.
!	!!	—	—	Isolato il tubo di Plücker e degasato il carbone col riscaldamento, si è fatta entrare nuovamente l'aria in gran quantità nell'apparecchio.

Limite e successione di visibilità delle [linee de]ll'Elio nell'aria di Napoli (R. Università).

ARIA introdotta nell'apparecchio cmc.	LINEE OSSERVATE DELLO SPETT[RO DE]LL'ELIO — Lunghezze d'onda U. A.													OSSERVAZIONI
	7065,64	6678,1	5876,03 D_3	5047,82	5015.75	4922,08	4713,28	4471,65	[illegible]88,11	4169,12	4143,91	4121,06	4026,53	
1,784	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Si vedono le linee del Neo nel rosso; la gialla (D_5, $\lambda = 5852,6$) è appena visibile.
3,568	—	—	dd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Spettro più visibile del Neo, netta la D_5.
5,352	—	—	d	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»
7,136	—	—	d	—	ddd	—	—	—	—	—	—	—	—	»
8,920	—	—	d	—	dd	—	—	—	—	—	—	—	—	»
10,704	—	—	d	—	dd	—	—	—	—	—	—	—	—	»
12,488	—	—	!	—	dd	—	—	—	—	—	—	—	—	La D_5 del Ne è più visibile della D_3 dell'He.
14,272	—	—	!	ddd	d	—	—	—	—	—	—	—	—	»
16,056	—	—	!	dd	d	—	—	—	—	—	—	—	—	»
17,840	—	—	!	d	d	ddd	—	—	—	—	—	—	—	»
19,624	—	—	!!	d	d	d	—	—	—	—	—	—	—	»
21,408	—	—	!!	d	d	!	—	—	—	—	—	—	—	»
23,192	—	—	!!	d	!	!	—	—	—	—	—	—	—	»
24,976	—	—	!!	!	!	!	—	—	—	—	—	—	—	»
26,760	—	—	!!!	!	!	!	—	—	—	—	—	—	—	Ugualmente brillanti la D_3 dell'He e la D_5 del Ne.
28,544	—	—	!!!	!	!	!	—	—	—	—	—	—	—	»
57,088	—	—	!!!	!!	!!!	!!	ddd	ddd	—	—	—	—	—	»
60,656	—	—	!!!	!!	!!!	!!	!	d	—	—	—	—	—	»
62,440	—	—	!!!	!!	!!!	!.	!	d	!	—	—	—	—	»
64,224	—	—	!!!	!!	!!!	!!	!	d	!	—	ddd	—	—	»
76,712	—	—	!!!	!!	!!!	!!	!	d	!	—	ddd	—	—	Con la fenditura dello spettroscopio molto aperta si svela la 6678,1.
78,496	—	ddd	!!!	!!	!!!	!!	!	d	!	—	ddd	—	—	»
83,848	—	dd	!!!	!!	!!!	!!	!	d	!	—	ddd	—	—	»
87,416	—	d	!!!	!!	!!!	!!	!	d	!	—	ddd	—	—	»
90,984	—	!	!!!	!!	!!!	!!	!	d	!	—	ddd	—	—	»
92,768	—	!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!	!	—	ddd	—	—	»
94,552	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!	!	—	ddd	—	—	»
101,688	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!	!	—	dd	—	—	»
115,960	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!	!!	[illegible]	dd	d	—	—	»
121,312	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!	[illegible]	d	!	—	—	»
151,640	—	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!	[illegible]	!	!	—	—	»
?	!!!	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!	[illegible]	!	!!	—	—	Non presentando lo spettro più alcuna variazione, si è fatta entrare l'aria in gran quantità fino a che il carbone poteva mantenere il vuoto.
?	!!!	!!!	!!!	!!	!!!	!!	!!	!!	[illegible]	!	!!	—	—	Isolato il tubo di Plücker e degasato il carbone col riscaldamento, si è fatta entrare nuovamente l'aria in gran quantità nell'apparecchio.

Dalla precedente tabella appare dunque, che la linea D_3 dell'elio può essere constatata in soli cm^3 3,5 di aria ed è presumibile che, con qualche ulteriore miglioramento dell'apparecchio e con uno spettroscopio più luminoso, tale linea si possa scorgere anche in più piccolo volume d'aria.

Nella fig. 3 della Tav. II sono riprodotti gli spettri ottenuti introducendo successivamente i seguenti volumi di aria nell'apparecchio:

1° cm^3 1,784
2° " 7,136
3° " 16,056
4° " 26,760
5° " 48,168
6° " 69,576
7° " 85,632
8° " saturando intieramente il carbone con aria,
9° " saturando il carbone dopo averlo privato dell'aria assorbita in precedenza,
10° " spettro dell'elio puro per il confronto.

In questa fotografia la riga D_3 dell'elio comincia ad essere chiaramente visibile al 5° spettro, insieme a quella del neo che qui si osserva solo al 2° spettro, mentre coll'occhio la si poteva vedere sin dalla prima introduzione dell'aria nell'apparecchio. Negli spettri successivi al 5°, le righe sono più distinte e nel 9° quella dell'elio è quasi altrettanto appariscente come quella del neo, che il carbone non ha ancora intieramente assorbito.

Data la possibilità di poter fare in questo modo osservazioni assai sensibili ed in modo relativamente facile, l'apparecchio potrà probabilmente, servire mediante opportuni confronti cogli spettri forniti da quantità note di elio, a determinarlo quantitativamente in campioni di aria prelevati in località ed altitudini le più diverse, raggiungendo così lo scopo di portare un contributo all'interessante problema della distribuzione e variabilità del contenuto in elio nelle diverse regioni dell'atmosfera e specialmente nei gas che si sviluppano dai vulcani. Ma di ciò spero potermi occupare in seguito.

Intanto, riconosciuto che coll'apparecchio e con lo spettroscopio da me adoperati non si poteva osservare la linea gialla dell'elio in meno di cm^3 3,5 di aria, ho determinato il volume di gas, che in mezz'ora di calcinazione nel tubo di quarzo potevano dare, per es., due dei minerali che intendevo esaminare.

Montai allo scopo un apparecchio (fig. 6) consistente in un tubo di vetro calibrato A lungo 1 m. e della capacità di 100 cm^3 che, inferiormente, si trova in comunicazione, per mezzo di un forte e lungo tubo di gomma, con un serbatoio di mercurio B, che si può sollevare ed abbassare, e, superiormente, è munito di un rubinetto codato a tre vie, C, che permette la comunicazione del tubo A con un tubo più stretto E o col tratto F, od anche del tubo E solamente con F.

Questo tubo E, che venne esattamente calibrato in precedenza, lo ottenni saldando tre tubi di diverso diametro, uno al basso più largo E′ che ha la capacità

di cm³ 0,1536662 per centimetro lineare, un tratto intermedio della capacità di

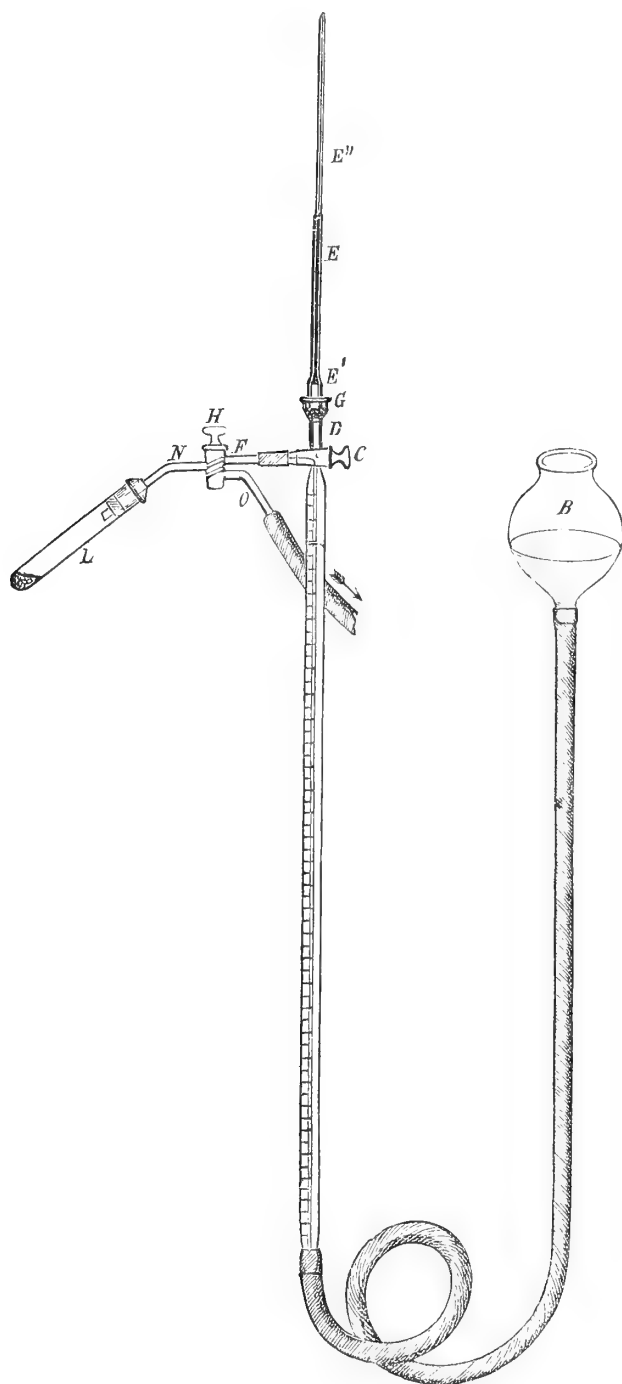



Fig. 6.

cm³ 0,0147279 per centimetro lineare, ed uno sottile da termometro E'' soprastante, della lunghezza di cm. 20,5 e della capacità di mm³ 0,724710 per centimetro lineare.

Tale tubo E è, a fine smeriglio, innestato al tubo D della capacità di 2 cm^3, il quale sovrasta al rubinetto C. La congiunzione a smeriglio è inoltre protetta dalle infiltrazioni di aria da un serbatoio con mercurio G.

Un secondo rubinetto, H, a tre vie, N, F, O, mette in comunicazione un tubo di quarzo, L, contenente la sostanza da sperimentare, con il tratto F e quindi col tubo A o col tubo E, oppure fa comunicare detto tubo di quarzo con una pompa *Gaede*, attaccata all'altro ramo O del rubinetto.

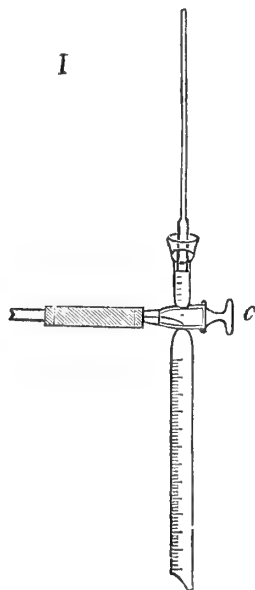



Fig. 7.

La prima operazione consiste nel vuotare di aria l'apparecchio. Il tubo A si vuota in precedenza, prima che si attacchi il tubo di quarzo, per spostamento, facendolo comunicare col tratto F per mezzo della disposizione I (fig. 7) del rubinetto C. Attaccato il tubo di quarzo con tappo di gomma e mastice di cera e colofonia, nella stessa maniera che si praticò per le ricerche spettroscopiche, mediante la disposizione II del rubinetto H (fig. 8) si fa il vuoto in esso e nello stesso tempo si vuota di aria il tratto EDF frazionatamente, portandolo di tanto in tanto in comunicazione col tubo di quarzo per mezzo della disposizione III del rubinetto H (fig. 9).

Per provare poi se il tubo E sia interamente privo di aria, si gira il rubinetto C in modo da mettere in comunicazione il tubo A con E e si osserva se, sollevando il serbatoio B, il tubo E si riempia interamente di mercurio.

Quando si è sicuri che l'aria è tutta scacciata, per mezzo del rubinetto H, si mette il tubo di quarzo in comunicazione col tratto F e questo, per mezzo dell'altro rubinetto C, in comunicazione col tubo A in cui si fa avvenire una depressione abbassando opportunamente il serbatoio B. Si riscalda poi la sostanza in esame contenuta nel tubo di quarzo L con la fiamma di un forte becco *Bunsen* per circa mezz'ora. Ciò fatto, si gira il rubinetto C mettendo in comunicazione il tubo A con l'altro E

e si solleva il serbatoio B in modo da ricacciare il prodotto del degasamento in E; indi si rigira il rubinetto C, facendo comunicare di nuovo il tubo A con quello di quarzo e si abbassa contemporaneamente il serbatoio B. Ripetendo tale manovra, per es. una diecina di volte, si può esser sicuri di aver ricacciato in E quasi tutto il gas sviluppatosi dalla sostanza. Ed allora lo spazio che resta privo di mercurio nel capillare E, quando il menisco del mercurio in esso contenuto è alla stessa altezza della superficie libera di quello del serbatoio B, rappresenta il volume del gas svi-

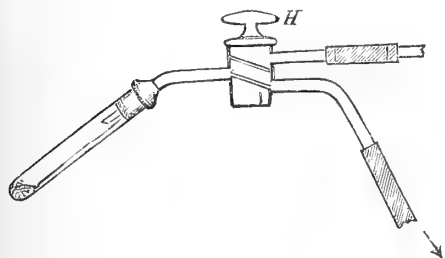
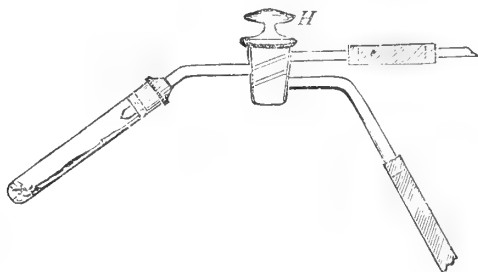



Fig. 8. Fig. 9.

luppatosi mediante il calore dalla sostanza. E l'errore che può commettersi in questa operazione è eguale alla decima parte (se la manovra si è ripetuta 10 volte) del rapporto del volume interno del tratto F e del tubo di quarzo al volume interno totale del tubo A, del tratto F e del tubo di quarzo. Quindi conviene che il volume del tubo A sia quanto più grande è possibile rispetto a quello di L, e che la manovra si ripeta molte volte. Per le letture del livello del mercurio nel tubo E venne adoperato un catetometro.

Con questo apparecchio ho trovato che gr. 2 di sanidinite del Vesuvio forniscono cm^3 0,106 di gas per grammo, e lo steso peso di tormalina rosea dell'Elba ne fornisce cm^3 0,511 per grammo, cioè quantità rispettivamente 35 e 7 volte minori di quella che è necessaria per vedere la D_3 dell'elio nell'aria col mio apparecchio.

Anche supposto, ciò che non è, che tutto il gas sviluppato dai minerali avesse la stessa composizione dell'aria, non sarebbe possibile di riconoscere in esso l'elio e quindi di attribuirlo ad aria interposta.

Sperimentando dunque colle cautele indicate, lo spettro di questo elemento *non può provenire che dai gas contenuti nei minerali esaminati.*

Ricerca dell'elio nei minerali vesuviani.

Partendo dal concetto che l'elio si dovesse trovare con qualche probabilità in minerali radioattivi, ho preso in esame questa proprietà nei minerali vesuviani, che fu oggetto di studî diligenti di A. Becker [1], Nasini e Levi [2], Kernot [3], O. Scarpa [4],

[1] *Die radioaktivität von Asche und Lava des letzten Vesuviansbruchs* (Ann. d. Phys, 4e Folge, Bd. 20, Heft 8, pag. 634, 26 giugno 1906).

[2] Gazz. Chim., 37, pag. 226; Atti R. Accad. Lincei, ser. V, vol. XVII (nov. 1908).

[3] Rend. R. Accad. Scienze Fis. e Mat. Napoli, ser. 3a, XII, pag. 462 (1906).

[4] Rend. Accad. Lincei, vol. XVI, serie 5a, 1° sem., pag. 44 (6 gennaio 1907).

F. Zambonini (1), P. Rossi (2). Ma per quanto riguarda le ceneri, i lapilli e le lave, sia recenti che antiche, tale radioattività è ben piccola, essendo compresa fra $^1/_{1000}$ ed $^1/_{20000}$ di quella dell'uranio.

Fra i minerali invece la cotunnite, secondo il prof. F. Zambonini, presenta una radioattività assai forte, paragonabile a quella dei minerali uraniferi che contengono circa il 45 % di uranio (3) ed anche la galena vesuviana, che dalla cotunnite probabilmente deriva, possiede una radioattività ancora più grande.

Sino dal marzo 1904, insieme al mio assistente dott. Magli, io avevo esaminato con un elettroscopio di Elster e Geitel, dovuto alla cortesia del dott. G. Schneer, tutta una serie di lave, sia antiche che recenti, messe a mia disposizione dal professor F. Bassani, Direttore del Museo di Geologia di questa Università. Ma le minime radioattività allora osservate e le citate ricerche fatte da altri, non avendo accennato in questo materiale alla esistenza di minerali sufficientemente radioattivi, io mi rivolsi ai minerali cristallini ed ai projetti lavici eruttati negli incendî dell'antico Vesuvio o Monte Somma, nelle quali categorie, secondo Arcangelo Scacchi (4), sono comprese le più importanti specie cristallizzate, riservandomi di tornare in seguito sugli indicati minerali di piombo.

Avendo fatto la osservazione che taluni campioni di sanidinite (che fra i projetti lavici, dopo la calcite, l'idocrasio ed i granati è la specie che in maggiore abbondanza si incontra sulle falde del vecchio Vulcano) mostravano una certa radioattività, mentre altri ne erano affatto privi, presi in attento esame questo materiale, il quale, come è noto, costituisce masse di notevole grandezza, spesso friabili, formate principalmente da piccoli cristalli di ortoclasia vitrea, nella quale si trovano disseminate varie specie mineralogiche, fra cui prevalgono l'*anfibolo nero* (orniblenda), la *nefelina*, il *granato nero* e talvolta la *magnetite*. Accidentalmente poi, si possono trovare anche cristallini di *fluorite* e molto più raramente piccoli cristalli di *titanite, guarinite* e *zircone*.

Ridotti in piccoli frantumi qualcuno dei campioni più radioattivi, ed avendone tolta la magnetite con una forte calamita, procedetti alla separazione meccanica delle specie più pesanti mediante il liquido del Thoulet, sopra il quale la ortoclasia veniva a galleggiare, mentre gli altri minerali precipitavano nel fondo. Avendo constatato che la radioattività si era concentrata in questa ultima porzione, dopo averla lavata a sufficienza con acqua e seccata sopra lastre di porcellana porosa, la sospesi in bromoformio (d. a $15^0 = 2.9$) e la parte caduta nel fondo del bicchiere, trattata egualmente col ioduro di metilene (d. a $15^0 = 3.29$), mi fornì una piccola porzione più pesante di tutte, radioattiva e costituita da anfibolo, piccoli granati rosso-bruni,

(1) Rend. Accad. Lincei, vol. XVI, ser. 5ª, 1° sem., pag. 975 (1907).

(2) Id. id. id. id., 2° sem., pag. 630 (3 nov. 1907).

(3) Zambonini trovò che la radioattività della cotunnite è 1,1 in confronto del nitrato di uranile posto = 1. Se questa radioattività si riferisce all'UO_2 (che è $^{16}/_7$ del nitrato d'uranile, secondo Curie), la radioattività della cotunnite diventa $\frac{1,1}{\frac{16}{7}}$ cioè $= \frac{7,7}{16} = 481 \times 10^{-3}$.

(4) *Catalogo dei minerali vesuviani, con notizia della loro composizione e del loro giacimento* (Spettatore del Vesuvio e dei Campi Flegrei, 1887).

qualche cristallo di fluorite ed alcuni ottaedri splendenti, azzurrognoli, molto piccoli ma caratteristici, di *zircone* al quale, come riconobbi, era dovuta la radioattività della roccia.

Io feci perciò del mio meglio per procurarmi di questa sanidinite zirconifera, ma non essendo disgraziatamente accessibili i bei campioni debitamente inventariati, che il Museo Mineralogico dell'Università di Napoli possiede, ho dovuto accontentarmi di un campione nel quale era visibile qualche piccolo cristallo di zircone offertomi dal prof. E. Scacchi e di due o tre altri un po' più ricchi, che il defunto prof. Matteucci mise a mia disposizione, non avendo potuto in altri moltissimi, che acquistai dalle guide vesuviane, rinvenire che quantità molto esigue del detto minerale.

In questi campioni, col metodo di separazione già indicato e coll'efficace aiuto del prof. Zambonini, ho potuto separare milligrammi 830 di zircone vesuviano; quantità che può ben dirsi rilevante data la sua estrema rarità nella sanidinite. Di questo zircone, che aveva la densità di 4,416 a $\left\{ \begin{matrix} 15^\circ \\ 4^\circ \end{matrix} \right.$, ho determinato la radioattività e ricercato l'elio con i risultati che in seguito espongo.

Determinazione della radioattività nello zircone.

La radioattività dello zircone vesuviano, nonchè di tutti gli altri minerali che ho successivamente studiati, venne determinata con un elettroscopio di Wilson n. 4946 della Cambridge Scientific Instrument C. Ltd., che debbo alla cortesia del collega prof. C. Chistoni, confrontandola con quella dell' UO_2 (*Armet de Lisle*), avendo cura di stendere tanto il minerale in esame che quello campione sopra identiche capsulette cilindriche di ottone delle stesse dimensioni, per modo che la superficie radiante fosse approssimativamente sempre la stessa.

La quantità di minerale adoperata, tranne le eccezioni indicate, fu generalmente di 1 grammo ed in ogni caso il confronto era fatto con un egual peso di UO_2 all'1 % od all' 1 ‰ disposto, come ho detto, sempre sopra la stessa superficie.

Quando la sostanza era poco radioattiva o addirittura radioinattiva, la prova in bianco veniva eseguita tanto prima che dopo la determinazione della caduta delle foglioline sotto l'azione del minerale, e se i risultati erano fra loro differenti, se ne prendeva la media.

La ripetizione della prova in bianco, per maggior garanzia, veniva eseguita anche colla miscela campione di UO_2.

Non conoscendo l'origine della radioattività dello zircone vesuviano, onde preservare l'elettroscopio da una possibile infezione, effettuai le determinazioni interponendo uno schermo di alluminio di $^1/_{10}$ di mm. di spessore fra il minerale e la camera elettroscopica, ottenendo così i valori della radioattività dovuta ai soli raggi β e γ.

Ecco i risultati ottenuti:

Zircone vesuviano gr. 0,8306

1ª caduta in bianco divisioni	2,6	per 1 ora	(durata della prova = $^1/_2$ ora)
caduta collo zircone	10,6	"	" " " "

2ª » in bianco	2,6	per 1 ora	(durata della	prova =	$^1/_2$	ora)
Media della caduta in bianco	2,6	»	»	»	»	»
Caduta dovuta al solo minerale	8,0	»	»	»	»	»
» » ad ugual peso di UO_2 all'1 %	4,6	»	»	»	»	»
» in bianco	2,4	»	»	»	»	»
Media della caduta in bianco	2,5	»	»	»	»	»
Caduta dovuta al solo UO_2 all'1 %	2,1	»	»	»	»	»

Radioattività dello zircone, per i raggi β e γ, riferita all'UO_2 puro =

$$\frac{8}{2,1} \times \frac{1}{100} = 38 \times 10^{-3}.$$

Ricerca dell'elio nello zircone vesuviano.

Per questa ricerca adoperai tutta la quantità disponibile di zircone, cioè mgr. 830, scaldandola nel tubo di quarzo dell'apparecchio descritto a pag. 233, ed i gas, esaminati allo spettroscopio dopo l'assorbimento del carbone raffreddato con aria liquida, mostrarono le seguenti linee dell'elio:

λ = 5876,03 !! U. A°.
5047,82 !
5015,75 !!!
4922,08 !!
4713,28 !!

In questo modo l'elio è stato riscontrato per la prima volta in un minerale ben definito del Vesuvio e la fotografia dello spettro ottenuto è ripodotta nella fig. 4 della Tav. II.

Sir W. Ramsay, insieme a Collie e Travers, lo avevano già ricercato in uno zircone di provenienza non indicata, senza trovarlo, ma nel malacone, che si può considerare come uno zircone alterato, lo rinvennero insieme all'argo (¹).

Più tardi F. Bordas lo riscontrò nella naegeite del Giappone ed in alcuni zirconi di località ignota (²) e R. J. Strutt ne estrasse mm³. 6,77 da 55 gr. di un campione del Kimberley (³).

Per confrontare lo zircone del monte Somma con zirconi di altre provenienze e per vedere se la quantità di elio in essi contenuta fosse in qualche rapporto colla

(¹) Annales de Chimie et de Phys., 7ª ser., XIII, pag. 441 (1898).
(²) Compt. Rend., t. CXLVI, pag. 628 (23 marzo 1908).
(³) *Le Radium*, V, pag. 208. Soc. Reale di Londra (23 aprile 1908).

densità e colla radioattività dello stesso campione, esaminai 19 varietà di zirconi provenienti da diverse località, anche italiane, i quali in parte mi furono donati dalle persone indicate nel quadro riassuntivo e che qui cordialmente ringrazio, ed in parte acquistai dal dott. Krantz di Bonn.

Di ciascuna di esse ho scelto sempre per queste indagini i cristalli migliori, senza sottometterli però ad ulteriori purificazioni. Il loro esame microscopico sarà in seguito comunicato.

In questa occasione, cioè tre mesi e mezzo dopo l'avvenuta calcinazione, volli determinare nuovamente nello zircone vesuviano (ridotto a mgr. 823) la radioattività per i raggi β e γ e la radioattività complessiva che potevo determinare senza pericolo d'infezione dell'elettroscopio, avendo osservato che il minerale non dava una quantità apprezzabile di emanazione. Mentre la radioattività per i raggi β e γ era discesa a $31,5 \times 10^{-3}$, la complessiva dette i seguenti risultati:

	divisioni					
1ª Caduta in bianco	7,8	all'ora	(durata	della	prova	$= {}^1/_2$ ora)
» collo zircone	214,2	»	(»	»	»	$= 10'$)
2ª » in bianco	9,4	»	(»	»	»	$= {}^1/_2$ ora)
Media della prova in bianco	8,6	»				
Caduta per il solo zircone	205,6	»				
» per un ugual peso di UO_2 all'1 %	22,2	»	»	»	»	$= 10'$

Radioattività dello zircone riferito all'UO_2 puro:

$$\frac{205,6}{22,2} \times \frac{1}{100} = 92,6 \times 10^{-3}.$$

Questo valore è il più alto che ho potuto osservare in tutti gli zirconi esaminati e la rapidità colla quale l'elettroscopio si rimette alla normalità di caduta, lascia ragionevolmente supporre che la radioattività non sia dovuta al radio. Ma questa ed altre questioni attinenti all'interessante zircone vesuviano spero di poter studiare, se riuscirò a procurarmi qualche altra quantità del prezioso minerale.

Intanto ho riunito nella seguente tabella i risultati che ho ottenuto cogli zirconi esaminati, disponendoli nell'ordine della loro radioattività.

Radioattività, densi

(dispost

Numero progressivo	LOCALITÀ	Radioattività riferita ad egual peso di UO_2 determinata su gr. 1,000 di sostanza	$D_{4^o}^{15^o}$	7065,64	6678,1
1	Vesuvio (*Monte Somma*)	$10^{-3} \times 92,6$	4,416	—	—
2	Ceylan	53,1	4,048	!	!!
3	Henderson Co. (*N. Carolina*)	44,9	4,556	!	!!
4	Saffragan (*Ceylan*) Beccarite	25,5	4,206	!	!!
				— (1)	—
				— (2)	—
5	Connecticut	23,5	4,499	!	!!
6	Madagascar	11,5	4,740	!	!!
7	Caldos (*Brasile*)	8,3	4,497	—	!!
8	Expally varietà verdastra	6,37	4,219	!	!!
9	Gröenlandia	6,11	4,578	—	!!
10	Eganville (*Ontario-Canadà*)	4,13	4,414	—	!!
11	Brevig (*Norvegia*)	3,41	4,562	—	!
12	Miask (*Urali*)	3,16	4,565	—	!
13	Expally varietà rossastra	2,68	4,609	—	—
14	Diego Suarez [dintorni di] (*Madagascar*)	1,94	4,596	—	—
15	Renfrew (*Ontario-Canadà*)	1,02	4,676	—	!
16	Novale (*Valdagno-Vicenza*)	0,74	4,695	—	!
17	Lonedo varietà gialla	0,64	4,657	—	—
18	Tasmania (*Melanesia* is.)	0,51	4,649	—	—
19	Lonedo varietà rosso-bruna	0,34	4,658	—	—

I minerali corrispondenti ai nn. 2, 3, 5, 7, 10, 11, 12, 15, 18 vennero acquistati dal dottor Kra
vennero donati dal prof. Millosevich di Roma; quelli corrispondenti ai nn. 6, 8, 9, 13, 14 vennero do

(1) Linee osservate con mgr. 8,3 di sostanza. — (2) Linee osservate con mgr. 0,83 di sostanza.

lio negli Zirconi

ı).

llio osservate sempre con gr. 0,830 di minerale

LUNGHEZZE DI ONDA U. A.°

5[illegible]5,75	4922,08	4713,28	4471,75	4437,75	4388,11	4169,12	4143,91	4121,06	4026,43
!!	!!	!!	—	—	—	—	—	—	—
!!	!!	!!	!!!	d	!	—	d	d	d
!!	!!	!!	!!!	—	!	—	d	ddd	—
!!	!!	!!	!!!	d	!	—	d	d	d
!!	!	d	!	—	!	—	—	—	—
d	d	—	—	—	—	—	—	—	—
!!	!!	!!	!!!	—	!	—	—	—	—
!!	!!	!!	!!!	—	!	—	—	—	—
!!!	!	!!	!!	—	d	—	—	—	—
!!!	!!	!!	!!!	—	d	—	—	—	—
!!!	!!	!!	!!!	—	d	—	—	—	—
!!!	!!	!!	!!!	—	!	—	—	—	—
!!	!!	!	!!	—	dd	—	—	—	—
!!	!!	!	!!	—	dd	—	—	—	—
dd	—	—	—	—	—	—	—	—	—
d	d	—	—	—	—	—	—	—	—
!!!	!!	!	!!!	—	!	—	—	—	—
!!!	!	ddd	!!	—	—	—	—	—	—
!!	!	—	ddd	—	—	—	—	—	—
!!	!	ddd	!	—	—	—	—	—	—
!!	!	!	!!	—	—	—	—	—	—

ıdenti ai nn. 17 e 19 vennero acquistati dal sig. Meneguzzo di Vicenza; quelli corrispondenti ai nn. 4 e 16 rigi.

Senza voler riprodurre fotograficamente tutti gli spettri ottenuti con i gas rinchiusi negli indicati zirconi, mi limito a presentare le fotografie fatte con quello di Lonedo (varietà rosso bruna) (vedi Tav. II, fig. 5). che rappresenta, in quanto a splendore ed a numero di righe dell'He, l'intensità media osservata e quello di Saffragan (Beccarite) che ne è il più ricco (vedi Tav. II, fig. 6).

Ora se, ponendo mente alla riportata tabella, si dispongono i nomi delle località dalle quali provengono gli zirconi sperimentati in tre colonne verticali, ordinandoli rispettivamente secondo i valori decrescenti della loro densità, del contenuto in elio e della radioattività e se si congiungono i posti che lo stesso esemplare occupa nelle tre colonne, con tratti rettilinei, questi dovrebbero risultare paralleli fra loro se vi fosse in tutte le specie la stessa proporzionalità fra i risultati ottenuti, ma si intersecheranno fra loro in caso contrario, come appare dal diagramma riportato nella Tavola III.

A questa rappresentazione grafica non intendo in verità di dare, almeno per quanto riguarda la densità, un'importanza ed un significato maggiore di quello che può avere, dato che nel caso così speciale degli zirconi, essa può subire delle variazioni indipendentemente dalla composizione chimica, per le diverse proporzioni delle due modificazioni che si ritiene entrino a formarli. Ad ogni modo essa potrà in seguito essere anche meglio estesa con l'esame di una maggiore quantità di campioni della stessa provenienza specialmente nel riguardo della purezza [1], e precisata con determinazioni volumetriche dell'elio negli stessi e con le determinazioni quantitative dei componenti. Anche come è, permette però, questa rappresentazione, qualche considerazione che non mi sembra priva d'interesse.

Infatti, mentre negli zirconi della Gröenlandia (n. 9, 1ª colonna), di Brevig (n. 11, ivi) e possiamo aggiungere anche di Miask (n. 12, ivi) la densità, la radioattività ed il contenuto in elio stanno rispettivamente sopra una stessa retta congiungente numeri uguali, o prossimi, delle tre colonne, gli altri zirconi si vedono disposti in due gruppi, in opposizione fra di loro, i primi (nn. 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 della scala dell'elio) con radioattività e contenuto in elio alti e densità bassa, gli altri (nn. 5, 7, 13, 14, 16, 17, 18, 19 della scala dell'elio) con radioattività e contenuto in elio bassi e densità alta.

Lo zircone del Vesuvio si allontana invece da tutti, perchè col massimo della radioattività osservata possiede una densità ed un contenuto in elio piuttosto scarsi. Questa più considerevole radioattività stà probabilmente in rapporto colla presenza di elementi radioattivi diversi dal radio, come ho già fatto notare nella determinazione della radioattività complessiva.

Al contrario lo zircone di Renfrew presenta la particolarità di aver debole la radioattività, ma alti la densità ed il contenuto in elio, mentre lo zircone di Tasmania e specialmente gli zirconi italiani di Lonedo (var. gialla) e di Novale, che sono fra i più densi, mostrano di contenere una *quantità di elio che non sembra proporzionale alla piccolissima radioattività che in essi venne osservata.*

[1] Come è noto, gli zirconi sono difficilmente omogenei e secondo A. Gockel [Le Radium I, 7, pag. 21 (1910)] la loro radioattività proviene probabilmente dal torio.

Ma da questo studio, semplicemente abbozzato, non credo, per ora, di poter ricavare altre conclusioni che rimetto alla continuazione del lavoro, specialmente per quanto riguarda i rapporti fra la composizione chimica degli zirconi esaminati ed i dati sin qui raccolti (¹).

II.

Minerali radioinattivi contenenti elio.

Il fatto, esposto nel precedente capitolo, che alcuni zirconi [*Tasmania, Lonedo* (*varietà gialla*), *Novale*], pure mostrando una radioattività debolissima, contengono una quantità di elio maggiore che altri di essi più radioattivi, m'invogliò a ricercare questo gas coll'apparecchio già descritto, in minerali nei quali la radioattività era minima o addirittura non avvertibile coll'elettroscopio Wilson di cui mi servivo.

Prima di andare oltre però, volli determinare sperimentalmente la sensibilità di questo strumento con miscele titolate e quanto più era possibile omogenee, di UO_2 e di pirolusite, riconosciuta radioinattiva, entrambi molto finemente polverizzati.

Gr. 0,100 di UO_2 (*Armet de Lisle*), esattamente pesati in vetro da orologio, si versarono in un mortaio di agata nel quale, a piccole porzioni per volta e mescolando intimamente, si aggiunse la pirolusite (gr. 9,900), avendo cura di lavare con essa il vetro da orologio nel quale era stato pesato l'UO_2. Ciò fatto il miscuglio venne passato una ventina di volte attraverso un tessuto di seta a minutissimi forellini, triturando ogni volta il residuo nello stesso mortaio di agata e facendolo attraversare lo staccio sino a che non lasciava più residuo.

Con 1 grammo di questa miscela all'uno per 100, mescolata con 9 grammi di pirolusite, operando come è detto più sopra, venne preparata una mescolanza all'uno per 1000 di UO_2 e con un grammo di questa e grammi 9 ancora di pirolusite se ne preparò un'altra all'uno per 10000 e così nella stessa maniera vennero preparate anche altre due, all'uno per 20.000 ed all'uno per 100.000.

Con queste miscele si eseguirono le determinazioni di radioattività nel modo indicato nel capitolo precedente, adoperando sempre cioè 1 gr. di sostanza e leggendo la caduta della fogliolina di 10 in 10 minuti, per mezz'ora di seguito.

(¹) Queste ricerche erano già state preliminarmente comunicate alla Reale Accademia di Napoli (seduta dell'8 maggio 1909) ed al Congresso internazionale di Chimica a Londra (seduta del 2 giugno 1909) quando comparve durante l'impressione di questa Memoria (presentata a questa Accademia il 7 novembre 1909) una breve notizia nel n. 2095 del vol. 82 della *Nature* (23 dicembre 1909) di un lavoro di R. J. Strutt, presentato alla Royal Society di Londra (Proc. Roy. Soc. London, serie A, vol. 83, pag. 298 (10 febb. 1910)), sul contenuto in elio degli zirconi in rapporto alla loro età, eseguito da un altro punto di vista, e che conferma la presenza dell'elio da me per la prima volta riscontrata nello zircone del monte Somma, ed in alcuni altri zirconi indicati in questo lavoro.

I risultati di parecchie osservazioni concordanti furono i seguenti:

UO_2 all'1	per	100	caduta	= 30	divisioni
» 1	»	1000	»	4,2	»
» 1	»	10000	»	1,2	»
» 1	»	20000	»	0	»
» 1	»	100000	»	0	»

In seguito a questi risultati ho considerato come *radioinattivi* i minerali che non acceleravano in modo apprezzabile la caduta della fogliolina dell'elettroscopio adoperato, il quale, come si è visto, è ancora sensibile al decimo di milligrammo di UO_2 ripartito uniformemente in un grammo di pirolusite distesa su di una superficie circolare di cm.^{2} 4,55. La radioattività negli stessi è perciò con certezza inferiore a quella manifestata da $\frac{1}{10000}$ di uranio $(0,1 \times 10^{-3})$, cioè è almeno di $\frac{1}{10.000.000.000}$ più piccola di quella del radio $(0,1 \times 10^{-9})$.

Tenendo presente questi risultati ho preso in esame una serie di minerali, alcuni di mia proprietà, altri acquistati dal dott. Krantz di Bonn, ed altri ancora offertimi dai Colleghi che sono indicati nelle tabelle più oltre riportate, e che quì ringrazio caldamente.

Le prime osservazioni vennero eseguite sopra una *Castorite* dell'Elba, molto debolmente radioattiva, nella quale avendo riscontrato l'elio, ne detti comunicazione in una seduta della Reale Accademia delle Scienze di Napoli (3 aprile 1909).

Più tardi, esaminando altri campioni radioinattivi di questo minerale, gentilmente offertimi dall'ing. G. Pullé, trovai ancora l'elio. La fotografia dello spettro ottenuto con 3 gr. di minerale è riprodotta nella Tav. IV, fig. 10.

Questo fatto mi spinse ad esaminare i minerali che accompagnano quell'interessante silicato nelle pegmatiti dell'Elba, cioè il polluce, le tormaline, i berilli, la lepidolite, ecc., ed avendo avuto risultati positivi, estesi il confronto agli stessi minerali, ma di altre località, senza aver potuto però, per varie ragioni, sino ad ora intraprendere una ricerca sistematica come per gli zirconi.

Riservandomi però di proseguire queste ricerche ed estenderle secondo il bisogno, ho intanto riunito, nelle due tabelle seguenti, i risultati sin qui ottenuti.

Nella prima i minerali sono disposti nell'ordine decrescente della loro radioattività, ed in corrispondenza ho indicato le righe dello spettro dell'elio che si poterono osservare nei gas ottenuti colla loro calcinazione, apprezzandone l'intensità coi criterî già esposti nel precedente capitolo.

Nella seconda tabella sono invece riuniti quei minerali che si mostrarono perfettamente radioinattivi, aggruppandoli secondo le specie e le località da cui provengono, e di fronte ad ognuno indicando le righe dello spettro dell'elio che furono osservate.

TABELLA I — **Minerali deb**

Numero d'ordine	MINERALE	LOCALITÀ	Radioattività riferita ad ugual peso di UO_2
1	Tormalina verdastra	Maharitra (*Madagascar*)	$10^{-3} \times 4,12$
2	Castorite	Elba (*Italia Is.*)	1,9
3	Tormalina sabbie diamantifere . . .	Diamantina (*Brasile*)	1,04
4	Spodumeno	Minas Geraes (*Brasile*).	0,91
5	Berillo verdognolo	S. Piero in Campo (*Elba Italia Is.*) . .	0,66
6	Tormalina verdastra	Ambohimanarivo (*Madagascar*)	0,5
7	Tormalina.	Col de Girabal (*Ariège*)	0,46
8	Castore	Elba (*Italia Is.*)	0,4
9	Tormalina nera	Pierrepont (*New-York*).	0,4
10	Id.	Haddam (*Connecticut*)	0,36
11	Polluce	Hebron (*Maine*)	0,298
12	Id.	Auburn (*Maine*)	0,298
13	Tormalina.	Minas Geraes (*Brasile*).	0,29
14	Id.	Antsirabe (*Madagascar*)	0,28
15	Id. rubellite.	Pala (*California*).	0,21
16	Id. rosea	Ambohimanarivo (*Madagascar*). . . .	0,203
17	Polluce	S. Piero in Campo (*Elba Italia Is.*) . .	0,2
18	Kunzite.	Pala (*California*).	0,2
19	Lepidolite	Hebron (*Maine*)	0,18
20	Tormalina rosea.	Elba (*Italia Is.*) . . . , ...	0,17
21	Albite	Maharitra (*Madagascar*)	0,15[illegible]

ttivi che contengono Elio.

LINEE OSSERVATE NELLO SPETTRO DELL'ELIO LUNGHEZZE D'ONDA U. A.°										Persone che inviarono i minerali
5876,03 D_3	5047,82	5015,75	4922,08	4713,28	4471,75	4437,75	4388,11	4169,12	4143,91	
!!!	!	!!!	!!	!!!	!	—	!	—	—	Lacroix
!!	dd	!!	d	dd	!	—	!	—	—	Scacchi
!	?	!	d	d	dd	—	d	—	—	Lacroix
!	d	!	d	dd	d	—	!	—	—	Millosevich
!	?	!	—	—	—	—	d	—	—	Id.
!	?	!	d	d	dd	—	d	—	—	Lacroix
!	?	!	d	d	dd	—	d	—	—	Id.
!	—	d	d	—	—	—	—	—	—	Millosevich
!!	dd	!!	!	dd	—	—	—	—	—	Scacchi
!	d	!	!	d	—	—	—	—	—	Id.
!!	!	!!	dd	—	—	—	—	—	—	Krantz
!!	d	!	dd	?	—	—	dd	—	—	Id.
!	d	!	!	d	—	—	—	—	—	Lacroix
!	dd	!	dd	d	—	—	—	—	—	Id.
!	dd	!	—	?	—	—	dd	—	—	Scacchi
!!	d	!	d	dd	!	—	!	—	—	Lacroix
d	?	!	—	?	?	—	dd	—	—	d'Achiardi
!!	d	!!	!	d	d	—	d	—	—	Krantz
!	?	!	d	dd	—	—	—	—	—	Id.
!	d	!	(?)	d	?	—	dd	—	—	Pullé
!	dd	!	d	d	!	—	!	—	—	Lacroix

Tabella I — **Minerali debolm[illegible]ioattivi che contengono Elio.**

Numero d'ordine	MINERALE	LOCALITÀ	Radioattività riferita ad ugual peso di UO_2	Qua[illegible] nella [illegible] venne r[illegible] l'E[illegible] — Gra[illegible]	LINEE OSSERVATE NELLO SPETTRO DELL'ELIO — Lunghezze d'onda U. A.° 6678,1	5876,03 D_3	5047,82	5015,75	4922,08	4713,28	4471,75	4437,75	4388,11	4169,12	4143,91	Persone che inviarono i minerali
1	Tormalina verdastra	Maharitra (*Madagascar*)	$10^{-3} \times 4{,}12$	1,0[illegible]	!	!!!	!	!!!	!!	!!!	!	—	!	—	—	Lacroix
2	Castorite	Elba (*Italia Is.*)	1,9	1,0[illegible]	—	!!	dd	!!	d	dd	!	—	!	—	—	Scacchi
3	Tormalina sabbie diamantifere . . .	Diamantina (*Brasile*)	1,04	1,0[illegible]	—	!	?	!	d	d	dd	—	d	—	—	Lacroix
4	Spodumeno	Minas Geraes (*Brasile*).	0,91	1,0[illegible]	—	!	d	!	d	dd	d	—	!	—	—	Millosevich
5	Berillo verdognolo	S. Piero in Campo (*Elba Italia Is.*) . .	0,66	0,3[illegible]	—	!	?	!	—	—	—	—	d	—	—	Id.
6	Tormalina verdastra	Ambohimanarivo (*Madagascar*)	0,5	1,0[illegible]	—	!	?	!	d	d	dd	—	d	—	—	Lacroix
7	Tormalina	Col de Girabal (*Ariège*)	0,46	1,0[illegible]	—	!	?	!	d	d	dd	—	d	—	—	Id.
8	Castore	Elba (*Italia Is.*)	0,4	0,2[illegible]	—	!	—	d	d	—	—	—	—	—	—	Millosevich
9	Tormalina nera	Pierrepont (*New-York*).	0,4	1,0[illegible]	—	!!	dd	!!	!	dd	—	—	—	—	—	Scacchi
10	Id.	Haddam (*Connecticut*)	0,36	3,00[illegible]	—	!	d	!	!	d	—	—	—	—	—	Id.
11	Polluce	Hebron (*Maine*)	0,298	1,00[illegible]	—	!!	!	!!	dd	—	—	—	—	—	—	Krantz
12	Id.	Auburn (*Maine*)	0,298	1,00[illegible]	d	!!	d	!	dd	?	—	—	dd	—	—	Id.
13	Tormalina	Minas Geraes (*Brasile*).	0,29	1,00[illegible]	—	!	d	!	!	d	—	—	—	—	—	Lacroix
14	Id.	Antsirabe (*Madagascar*)	0,28	1,00[illegible]	—	!	dd	!	dd	d	—	—	—	—	—	Id.
15	Id. rubellite	Pala (*California*).	0,21	1,00[illegible]	—	!	dd	!	—	?	—	—	dd	—	—	Scacchi
16	Id. rosea	Ambohimanarivo (*Madagascar*). . . .	0,203	1,00[illegible]	—	!!	d	!	d	dd	!	—	!	—	—	Lacroix
17	Polluce	S. Piero in Campo (*Elba Italia Is.*) . .	0,2	1,00[illegible]	—	d	?	!	—	?	?	—	dd	—	—	d'Achiardi
18	Kunzite	Pala (*California*).	0,2	1,75[illegible]	—	!!	d	!!	!	d	d	—	d	—	—	Krantz
19	Lepidolite	Hebron (*Maine*)	0,18	1,00[illegible]	—	!	?	!	d	dd	—	—	—	—	—	Id.
20	Tormalina rosea	Elba (*Italia Is.*) . . . , ...	0,17	1,00[illegible]	—	!	d	!	(?)	d	?	—	dd	—	—	Pullé
21	Albite	Maharitra (*Madagascar*)	0,156	1,00[illegible]	—	!	dd	!	d	d	!	—	!	—	—	Lacroix

Tabella II — Mi

Numero d'ordine	MINERALE			LOCALITÀ	
1	Castorite (Tab. 4, fig. 9)			S. Piero in Campo (*Isola Elba*)	
2	1) Tormalinea rosea			Id.	id.
»	2)	Id.	policroma	Id.	id.
»	3)	Id.	nera	Id.	id.
»	4)	Id.	nera	Id.	id.
»	5)	Id.	nera prismatica	Id.	id.
»	6)	Id.	bianca	Id.	id.
»	7)	Id.	bianca	Id.	id.
»	8)	Id.	verdastra	Id.	id.
»	9)	Id.	verdastra	Id.	id.
»	10)	Id.	verdastra nel calcare	Saint Béat (*Haute Garonne*)	
»	11)	Id.	litifera	Orvault (*Loire Inférieure*)	
»	12)	Id.	bleu	Castailhac (*Aveyron*)	
»	13)	Id.	nera	Zillerthal (*Alpi Tirolesi*)	
»	14)	Id.	bleu	Swaziland (*Sud Africa*)	
»	15)	Id.	nera	Pierrepont (*New-York*)	
»	16)	Id.	bruno rossiccia	Gouverneur (*New-York*)	
»	17)	Id.	rosea	Maharitra (*Madagascar*)	
»	18)	Id.	bruna	Betafo (*Madagascar*)	
»	19)	Id.	bruna	Maharitra (*Madagascar*)	
»	20)	Id.	bruna	Dintorni di Betafo (*Madagascar*)	
»	21)	Id.	bleu-nera	Id.	id.
»	22)	Ie.	verdastra	Ambohimanarivo (*Madagascar*)	
»	23)	Id.	rubellite	Maharitra (*Madagascar*)	
3	Berillo roseo			S. Piero in Campo (*Isola Elba*)	

vi che contengono Elio.

LINEE OSSERVATE DELLO SPETTRO DELL'ELIO LUNGHEZZE D'ONDA U. A.°										Persone che inviarono i minerali
5876,03 D_3	5047,82	5015,75	4922,08	4713,28	4471,75	4437,75	4388,11	4169,12	4143,91	
!	dd	!	?	dd	?	—	d	—	—	Pullé
!	dd	!	?	dd	?	—	d	—	—	d'Achiardi
!!	d	!!	d	!	d	—	—	—	—	Scacchi
!!	d	!!	!	dd	d	—	—	—	—	Id.
!	d	!	?	!	dd	—	dd	—	—	Pullé
d	dd	d	—	—	—	—	—	—	—	d'Achiardi
!!	d	!!	!	d	!	—	—	—	—	Id.
!	d	!	dd	!	dd	—	d	—	—	Pullé
!!	dd	!	?	dd	d	—	dd	—	—	d'Achiardi
!	dd	!	dd	dd	—	—	—	—	—	Pullé
!	d	!	d	d	—	—	—	—	—	Lacroix
!	d	!	d	—	—	—	—	—	—	Id.
!	—	dd	—	—	—	—	—	—	—	Id.
d	?	!	dd	?	dd	—	?	—	—	Scacchi
!	d	!	d	—	—	—	—	—	—	Lacroix
!	?	d	?	d	d	—	?	—	—	Scacchi
d	?	!	—	?	dd	—	?	—	—	Id.
d	—	!	dd	—	—	—	—	—	—	Lacroix
!	dd	!	d	—	—	—	—	—	—	Id.
!	dd	d	dd	—	—	—	—	—	—	Id.
dd	ddd	ddd	—	—	—	—	—	—	—	Id.
!	d	!	d	d	dd	—	—	—	—	Id.
!	—	d	—	—	—	—	—	—	—	Id.
dd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.
!!	d	!!	dd	d	!	—	d	—	—	d'Achiardi

TABELLA II — Minerali [radi]oattivi che contengono Elio.

Numero d'ordine	MINERALE	LOCALITÀ	Quan[tità] nella q[uale] venne ri[cercato] l'El[io] — Gram[mi]	LINEE OSSERVATE DELLO SPETTRO DELL'ELIO — LUNGHEZZE D'ONDA U. A.° 6678,1	5876,03 D_3	5047,82	5015,75	4922,08	4713,28	4471,75	4437,75	4388,11	4169,12	4143,91	Persone che inviarono i minerali
1	Castorite (Tab. 4, fig. 9)	S. Piero in Campo (*Isola Elba*)	1,0	—	!	dd	!	?	dd	?	—	d	—	—	Pullé
2	1) Tormalinea rosea	Id. id.	1,0	—	!	dd	!	?	dd	?	—	d	—	—	d'Achiardi
»	2) Id. policroma	Id. id.	2,9	—	!!	d	!!	d	!	d	—	—	—	—	Scacchi
»	3) Id. nera	Id. id.	4,3	—	!!	d	!!	!	dd	d	—	—	—	—	Id.
»	4) Id. nera	Id. id.	1,0	—	!	d	!	?	!	dd	—	dd	—	—	Pullé
»	5) Id. nera prismatica	Id. id.	1,1	—	d	dd	d	—	—	—	—	—	—	—	d'Achiardi
»	6) Id. bianca	Id. id.	1,1	—	!!	d	!!	!	d	!	—	—	—	—	Id.
»	7) Id. bianca	Id. id.	1,0	—	!	d	!	dd	!	dd	—	d	—	—	Pullé
»	8) Id. verdastra	Id. id.	2,0	—	!!	dd	!	?	dd	d	—	dd	—	—	d'Achiardi
»	9) Id. verdastra	Id. id.	2,0	—	!	dd	!	dd	dd	—	—	—	—	—	Pullé
»	10) Id. verdastra nel calcare	Saint Béat (*Haute Garonne*)	0,4	—	!	d	!	d	d	—	—	—	—	—	Lacroix
»	11) Id. litifera	Orvault (*Loire Inférieure*)	3,0	—	!	d	!	d	—	—	—	—	—	—	Id.
»	12) Id. bleu	Castailhac (*Aveyron*)	2,0	—	!	—	dd	—	—	—	—	—	—	—	Id.
»	13) Id. nera	Zillerthal (*Alpi Tirolesi*)	3,0	—	d	?	!	dd	?	dd	—	?	—	—	Scacchi
»	14) Id. bleu	Swaziland (*Sud Africa*)	3,0	—	!	d	!	d	—	—	—	—	—	—	Lacroix
»	15) Id. nera	Pierrepont (*New-York*)	1,0	—	!	?	d	?	d	d	—	?	—	—	Scacchi
»	16) Id. bruno rossiccia	Gouverneur (*New-York*)	3,0	—	d	?	!	—	?	dd	—	?	—	—	Id.
»	17) Id. rosea	Maharitra (*Madagascar*)	3,0	—	d	—	!	dd	—	—	—	—	—	—	Lacroix
»	18) Id. bruna	Betafo (*Madagascar*)	1,0	—	!	dd	!	d	—	—	—	—	—	—	Id.
»	19) Id. bruna	Maharitra (*Madagascar*)	1,0	—	!	dd	d	dd	—	—	—	—	—	—	Id.
»	20) Id. bruna	Dintorni di Betafo (*Madagascar*)	1,0	—	dd	ddd	ddd	—	—	—	—	—	—	—	Id.
»	21) Id. bleu-nera	Id. id.	3,0	—	!	d	!	d	d	dd	—	—	—	—	Id.
»	22) Ie. verdastra	Ambohimanarivo (*Madagascar*)	2,0	—	!	—	d	—	—	—	—	—	—	—	Id.
»	23) Id. rubellite	Maharitra (*Madagascar*)	1,0	—	dd	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.
3	Berillo roseo	S. Piero in Campo (*Isola Elba*)	0,4	d	!!	d	!!	dd	d	!	—	d	—	—	d'Achiardi

I risultati esposti nelle tabelle precedenti mostrano che l'elio può ritrovarsi tanto in minerali radioattivi, quanto in minerali che non dànno indizio di radioattività coll'elettroscopio Wilson; in questi ultimi però in minor quantità che nei primi, e talvolta solo in traccie, come avviene in alcune tormaline dell'Elba [1].

Debbo anzi far notare che in questo ultimo caso le righe dell'elio non si avvertono se il carbone è nuovo, poichè viene da esso interamente assorbito e trattenuto, come è stato esposto a pag. 241 del capitolo precedente, e solo quando il carbone è stato ripetutamente adoperato, esse si osservano indubbiamente.

La prova che in questi casi l'elio è dovuto al minerale e non ad una eccessiva saturazione con elio del carbone (che del resto vien degasato ad alta temperatura per un'ora) si raggiunge, sostituendo alle tormaline il marmo, la sanidinite od altri minerali che non contengono elio e coi quali, operando esattamente come colle tormaline, non si vede alcuna riga di questo elemento.

Nel caso della tormalina di Maharitra (*Madagascar*) che si presenta in grossi cristalli, esternamente verdi, nell'interno rosei o violetti, con una separazione spesso ben netta fra i due colori, si verifica il fatto molto interessante che la parte esteriore (tab. I, n. 1) presenta una radioattività ed un contenuto in elio più grandi che non la parte interna, radioinattiva, del medesimo cristallo [tab. II, n. 2 (17)]. La parte mediana di esso, verdastra, biancastra, o leggermente rosea, mostra uno spettro d'intensità media ed è anche un po' radioattiva, talchè in questi cristalli si potrebbe forse dire che il colore e la radioattività sono gli indici del loro contenuto in elio se non mancassero per il colore esempî del contrario, come ho riscontrato in altro campione della stessa località nel quale la varietà rosea che era leggermente radioattiva ($R = 0{,}7 \times 10^{-3}$), conteneva più elio (vedi Tav. IV, fig. 8) che non quella verdastra, radioinattiva (vedi Tav. IV, fig. 9). Un fatto analogo si è verificato nei berilli di S. Piero in Campo (*Elba*), di cui una varietà rosea, radioinattiva (tab. II, n. 3) contiene più elio di una varietà verdognola fornita di debole radioattività (tab. I, n. 5).

Ad ogni modo il fatto degno di nota è questo, che nei minerali della tabella II venne constatata la presenza dell'elio, *anche quando la radioattività non era apprezzabile coll'elettroscopio*.

Invero si potrebbe quì dire che ciò avviene perchè lo strumento, che pure è dei migliori, è meno sensibile dello spettroscopio adoperato.

Per rispondere in modo esauriente a questa obbiezione bisognerebbe sapere se la quantità di elio che può dare l' UO_2, non avvertito dall'elettroscopio (meno dell'1 per 10,000) sia superiore a quei 36,5 millesimi di $mm.^3$ che, come ho dimostrato, si possono sicuramente riconoscere collo spettroscopio.

Disgraziatamente i dati per tale accertamento mancano. La formula dell'on. R. J. Strutt:

$$9{,}13 \times 10^{-8}\ \text{cm.}^3 \text{ per gr. di } U^3O^8 \text{ e per anno}$$ [2]

[1] Non tutte queste tormaline sono radioinattive. Ho trovato anche alcuni campioni che posseggono una debole radioattività. V. un esempio nella tab. I, n. 20.

[2] Le *Radium*, t. 6, pag. 247 (1909).

calcolata sulle esperienze di Rutherford, non può in questo caso applicarsi, essendo ignota l'età del minerale.

Ma ove si ponga mente che, a parità di condizioni, l'elettroscopio è uno strumento da tutti ritenuto più sensibile dello spettroscopio, e che già nella triturazione dei minerali una parte dell'elio si perde e nella calcinazione di quelli sin quì studiati solo una metà si libera mediante il calore [1], l'ipotesi che l'elio osservato non sia da attribuirsi ad elementi radioattivi contenuti nel minerale, non mi sembra troppo azzardata.

Potrebbesi anche opporre che questi sono scomparsi nel lunghissimo tempo decorso dalla sua formazione, lasciando come ultima reliquia delle loro trasformazioni atomiche, l'elio osservato, ma in questo caso si dovrebbe anche ammettere che i minerali che lo contengono sieno molto più antichi di altri che li accompagnano nelle pegmatiti, come per es. la lepidolite dell'Elba che si trova insieme alle tormaline, al castore ed ai berilli esaminati e nella quale non ho potuto osservare l'elio.

Fra i numerosi minerali nei quali R. J. Strutt [2] determinò il contenuto in elio, uno solo, il berillo di Acworth (*New-Hamphsire*), ne mostrò una forte quantità, pur essendo radioinattivo (caduta della fogliolina per ora col minerale = divisioni 0,03, in bianco 0,40) [3]. Egli tentò di mettere in relazione l'elio osservato con qualche

[1] Travers, Proc. of the Roy. Soc., vol. LXIV, pag. 140 (1899); R. J. Strutt, *Le Radium*, t. V, pag. 203 (1908).

[2] *Le Radium*, V, 292 (1908).

[3] Il giovane e distinto scienziato inglese che visitai a Londra durante il Congresso di Chimica Applicata, ebbe la cortesia di regalarmi un campione di questo berillo, nel quale però, mediante l'elettroscopio Wilson da me adoperato, avrei trovato invece una radioattività dell'ordine del polluce dell'Elba, della kunzite di Pala e della lepidolite di Hebron, da me esaminati (v. tabella I, nn. 17, 18, 19).

Infatti, seguendo il metodo già descritto per la radioattività, ottenni i seguenti risultati:

Berillo di Acworth		gr. 1,000		
1ª caduta in bianco	divisioni	4,0	per ora	(durata della prova 45′)
» col berillo	»	4,6	»	» » »
2ª » in bianco	»	4,0	»	» » »
Media della caduta in bianco	»	4,0	»	
Caduta dovuta al solo minerale	»	0,6	»	
» » ad ugual peso di UO_2 all'1 %	»	31,7	»	

Radioattività del berillo riferita all'UO_2 puro $= \frac{0,6}{31,7} \times \frac{1}{100} = 0,19 \times 10^{-3}$.

Ho voluto per maggiore sicurezza far controllare questo risultato dal mio assistente dottor L. Rossi, misurando invece il tempo che mette la fogliolina dell'elettroscopio a percorrere 5 divisioni della scala, sia in bianco, che sotto l'influenza di 1 gr. di berillo.

I risultati furono i seguenti:

	Divisioni	Ore	Minuti	Secondi	Tempo impiegato dalla fogliolina a percorrer 5 divisioni
In bianco	97	14	34	0	$1^h\,16'\,15''$
	92	15	50	15	
Col berillo	91	16	5	20	$1^h\,5'\,25''$
	85	17	10	45	
In bianco	85,7	17	25	0	$1^h\,17'\,30''$
	80,7	18	42	30	
Media della caduta in bianco					$1^h\,16'\,52''$
Accelerazione dovuta al berillo					$11'\,27''$

elemento non radioattivo contenuto nel minerale; ma dopo aver escluso gli elementi comuni che entrano nella composizione di questo silicato, e che non dànno elio, e dopo averne trovato solo tracce in altri minerali di glucinio, egli rivolse la sua attenzione al cesio che, come si sa, è contenuto nei berilli talvolta in quantità notevole, ed all'indio che egli riconobbe coll'analisi spettrale nel berillo di Acworth. Ma nella blenda indifera di Freiberg, che pure contiene più indio del berillo, trovò solo un poco di elio e in grammi 2 di polluce di Hebron non ne osservò affatto.

Avendolo io invece rinvenuto in 1 gr. di polluce dell'Elba (tab. I, n. 17), ho voluto verificare se veramente ne fossero privi i polluci americani; ma tanto in un grammo dello stesso polluce esaminato da Strutt (v. tab. I, n. 11 e Tav. IV, fig. 11) quanto in 1 gr. di quello di Auburn (*Maine*) (tab. I, n. 12) lo ritrovai, anzi in quantità apparentemente maggiore.

Certamente queste piccolissime quantità di elio che non si rinvengono in tutti i minerali e che *si ritovano anche in quelli radioinattivi*, hanno, come gli altri gas in essi contenuti, una origine ed un significato. Quali però essi siano, e se l'elio osservato provenga da un elemento sconosciuto che, come dice Strutt, emette particole α dotate di una velocità minore della critica, oppure se derivi dalle trasformazioni interatomiche di elementi comuni; se in conclusione si formi nel tempo in seno ai minerali stessi, oppure se sia stato da questi assorbito nel momento della solidifica-

---

In base a questi dati si calcola:

Caduta per ora in bianco	divisioni	3,93
» » col berillo	»	4,59
» » in bianco	»	3,87
Media della caduta in bianco	»	3,90
Caduta dovuta al berillo.	»	0,69
» » ad 1 gr. di UO_2 all'1 % (da determinazioni precedenti)	»	31,7

Da cui:

$$\text{Radioattività} = \frac{0,69}{31,7} \times \frac{1}{100} = 0,21 \times 10^{-3};$$

valore che si accosta a quello determinato nel modo precedente.

Per spiegare la differenza di questi risultati in confronto di quelli ottenuti da R. J. Strutt, bisogna tener conto che egli, come mi ha fatto vedere, determina la radioattività nei minerali sciogliendoli nell'acido cloridrico diluito, se è possibile, o dopo averli disgregati, se in tale acido sono insolubili. Effettuata la soluzione egli la lascia in riposo per 1-2 giorni, indi ne estrae i gas che manda nell'elettroscopio, misurando l'accelerazione che provocano nella caduta della fogliolina. Questo metodo è, senza dubbio, molto sensibile, ma non è scevro di mende, come osservarono lo stesso Boltwood [1] e la signorina Ellen Gleditsch [2], ed in ogni caso misura solamente la radioattività dovuta a quegli elementi che forniscono una emanazione, escludendo così l'uranio, il radio ed i suoi derivati (polonio). La radioattività che ho riscontrata nel berillo d'Acworth potrebbe quindi dipendere da un elemento che non dà emanazione.

(1) Am. Journ. of Scienc. 25 (aprile 1908).
(2) Le *Radium*, t. VI, pag. 165 (1909).

zione rimanendovi semplicemente occluso, o formando una soluzione solida od entrando ancora in una qualunque combinazione, tutte queste son domande alle quali per ora non è dato rispondere con sicurezza.

Ulteriori studî sull'assorbimento dei gas nei minerali esaminati ed in altri, la conoscenza esatta di tutti i componenti solidi e gassosi di cui risultano, gli opportuni raffronti fra i dati così raccolti e le loro proprietà fisiche, potranno forse dare qualche lume nella oscura questione, che per ora appare solamente come un episodio della *chimica del passato*, ma che potrebbe avere, anche da un punto di vista più generale, uno speciale interesse.

III.

L'Elio nei minerali recenti.

Dopo che Rutherford e Royds (1) dimostrarono che i corpuscoli α emessi dagli elementi radioattivi non sono altro che atomi di elio portanti due cariche elementari, questo gas può considerarsi come uno degli indici delle disgregazioni atomiche e la sua ricerca e determinazione quantitativa nei minerali, cioè *nei composti chimici formati da un tempo più o meno lungo*, presenta da diversi lati un grande interesse.

Già in una serie di lavori (2) l'on. R. J. Strutt tentò di mettere in relazione tali quantità coll'età geologica dei minerali ed anzi recentemente dette la formola già citata a pag. 264 colla quale essa si può calcolare.

La ricerca dell'elio nei minerali recenti o addirittura contemporanei, in quelli cioè nei quali l'equilibrio fra uranio e radio non era ancora raggiunto, cogli apparecchi molto sensibili da me costruiti, aveva perciò lo scopo di verificare se era *realmente* avvenuta una produzione *secondaria* dell'elio, posteriore cioè a quello che si era formato nel minerale primitivo con esso scomparso.

Questa ricerca era poi tanto più necessaria in quantochè, come ho avvertito nella Nota a pag. 241, E. P. Adams nel 1905 (3) e più tardi F. Bordas (4) nel 1908 non avevano trovato l'elio in una *carnotite* fortemente radioattiva e quest'ultimo non lo aveva rinvenuto nè nella *torbernite*, nè nella *autunite*.

Già nel capitolo I io diedi l'esempio di un minerale relativamente recente, come lo zircone del Monte Somma (Vesuvio), contenente elio; ma l'età di questo minerale che si rinviene nei projetti sanidinici, per ragioni ovvie, è molto difficile a stabilire.

Non è così invece per i citati minerali dell'uranio, i quali sono di origine sedimentare e si trovano in formazioni geologiche recenti.

(1) *Le Radium*, tom. 6, pag. 47 (1909).
(2) Proc. of the Roy. Soc. Lond. S. A., vol. 83, n. A 560, pag. 96 (1910).
(3) Centralblatt. LXXVI, pag. 1490.
(4) Loc. cit.

Operando nel modo già indicato, posso affermare di aver rinvenuto l'elio tanto nella *carnotite* (gr. 5), quanto nella *torbernite* (gr. 5), anzi ho potuto fare le nitide fotografie del loro spettro che sono riprodotte nella Tav. V, fig. 12 e 13.

Riguardo all'*autunite* ho ripetuto la prova sopra tre campioni provenienti da diverse località senza rinvenirlo spettroscopicamente; ma mi riservo di ripetere questa ricerca con campioni più puri di quelli che ho potuto avere sin qui ed in presenza di anidride borica fusa.

Ma riguardo alla presenza dell'elio nei minerali recenti vi è anche il caso molto interessante dei minerali vesuviani *contemporanei*, fortemente radioattivi, nei quali non l'ho potuto riconoscere spettroscopicamente per quanta diligenza io abbia usata nella ricerca.

Questi minerali che si formarono nell'ultimo incendio dell'aprile 1906, sono la *cotunnite* e la *galena* ed è ormai noto, come altrove ho riferito, che dobbiamo a Zambonini la conoscenza della loro radioattività ([1]) ed a Paolo Rossi ([2]) la dimostrazione che essa non è dovuta al Radio, ma a quei metaboli che costituiscono l'attività indotta del Radio a lenta evoluzione, cioè il Radio D, il Radio E ed il Radio F (Polonio). La particolarità che presenta quest'ultimo di emettere solamente particole α non sembra in accordo colla mancanza dell'elio in tali minerali, ma si può ragionevolmente pensare che nella cotunnite e nella galena, formati si può dire ieri, l'elio prodotto nelle trasformazioni atomiche, non abbia avuto il tempo di accumularsi almeno nella quantità che è possibile di riconoscerlo cogli strumenti che ho costruito, sebbene essi ne rivelino, come dimostrai, quantità abbastanza piccole.

Io ho voluto perciò approfondire lo studio di questi minerali, che, separati con metodi opportuni dalle lave sulle quali si trovano depositati, epperò in uno stato di sufficiente purezza, mostrarono una radioattività variabile nei diversi campioni, ma sempre più alta di quella riscontrata dagli stessi Zambonini e Rossi.

Io ho voluto prendere in esame anche la *galena* (associata a *blenda*) contenuta nei massi erratici del Monte Somma, epperò geologicamente più antica, la quale mi venne graziosamente fornita dal Collega Scacchi, ma in questa non trovai traccia di radioattività e neppure di elio, il quale, secondo le idee di Strutt, data la tessitura cristallina del minerale, avrebbe potuto esservi trattenuto, se si fosse formato da un elemento radioattivo, ora scomparso.

Con questi due minerali, ma specialmente colla *galena*, ho fatto altre prove che riferirò in seguito e mentre mi riservo lo studio di essi, nonchè di altri che lo accompagnarono nella stessa eruzione, come la *pirite* ed il *realgar*, ricomparso dopo la eruzione del 1822, aggiungo che ho intenzione di estendere le mie ricerche anche alla *pseudocotunnite*, ed all'*anglesite*, che si sono prodotti in piccola quantità nella penultima grande conflagrazione vesuviana, cioè dal 1872 in poi.

Nel quadro che segue ho intanto riunito i dati relativi ai minerali ora esaminati, aggiungendovi anche delle prove fatte colla *titanite* di Ischia, di Renfrew (*Ontario Canadà*) e di Laacher See-Eifel, non essendomi stato possibile di avere

([1]) Rend. R. Acc. Lincei, vol. XVI, sem., pag. 630 (1907).

([2]) Rend. R. Acc. Lincei, vol. XV, 2° sem., pag. 235 (1906); vol. XVI, 1° sem., pag. 975 (1907).

quella contenuta nelle *sanidiniti* del Monte Somma, nelle quali è ancora più scarsa dello *zircone*.

Questa *titanite* dell' isola d' Ischia è radioattiva, ma nella piccola quantità che ho avuta dal collega prof. Scacchi (mgr. 320), non ho potuto riscontrare l'elio in modo altrettanto sicuro come in quella di Renfrew, di cui la fotografia dello spettro è riprodotta nella Tav. V, fig. 14.

Compio intanto il gradito dovere di ringraziare il mio assistente, dott. Gennaro Magli, per il valido aiuto che mi ha dato nella esecuzione di tutto questo lavoro.

L' Eli

Numero d'ordine	MINERALI (¹)	LOCALITÀ	COMPOSIZ
1	Carnotite	St. Miguel (*Colorado*)	
2	»	Cté de Montrose (*Colorado*).	$K^2O.2U^2O^3.V$
3	»	Colorado.	
	»	»	
4	Torbernite	S. Dày (*Cornewall*)	$Cu(UO^2)^2.P^2$
5	Autunite	St. Symphorien (*Saône et Loire*)	
6	»	Sassonia (*Eibenstocker Granit, Erzgebirge*) . . .	$Ca(UO^2)^2.P^2$
7	»	Les Riaux (*St. Symphorien*)	
8	Cotunnite	Vesuvio (*Eruzioni preced. al 1906*)	$PbCl^2$
9	»	» *Eruzione del 1906*	
10	Galena	» »	
11	»	» »	PbS
12	»	» »	
13	»	Monte Somma (*Vesuvio*)	$PbS(ZnS +$
14	Titanite	Isola d'Ischia	
15	»	Renfrew (*Ontario-Canadà*)	$CaO.TiO^2.S$
16	» nella Sanidinite. . .	Laacher See (*Eifel*)	

(¹) I numeri 3, 4, 6, 15, 16 vennero acquistati dal dott. Krantz di Bonn; i numeri 2, 5, 7 furono d prof. C. Chistoni di Napoli; il numero 9 dal prof. E. Scacchi e dal dott. G. Kernot di Napoli.

(²) La radioattività fu ricercata sopra 1 gr. di sostanza.

(³) La radioattività fu ricercata sopra 1 gr. di sostanza; la parte più volatile, dopo la calcinazione h (α, β e γ) ricercata su gr. 1,000.

(⁴) La parte volatile ha una radioattività di 692×10^{-3} (β e γ) e di $92,38 \times 10^{-3}$ (α, β e γ). Ridistil t

...li ...centi.

... e γ	...ioattività ...a all'UO^2 ...mg. 200 ...minerale ...aggi α, β e γ	Quantità su cui venne ricercato l'Elio gr.	LINEE OSSERVATE DELLO SPETTRO DELL'ELIO (U. A.°) 6678.1	5886,03 D_3	5047,82	5015,75	4922,08	4713,28	4471,75	4318,11	Radioattività riferita all'UO^2 della parte fissa dopo la calcinazione per quantità riferite a mgr. 200 di minerale non calcinato raggi β e γ	α, β e γ
×1	10^{-3}×1434	3,000	—	!	?	!	dd	d	d	—		
1(	885	3,000	—	!	dd	!	?	!	?	—		
,4	596	3,000	—	!	dd	!	d	dd	ddd	dd	10^{-3}× 33	10^{-2}× 590
	»	5,000	—	!!	d	!	d	d	d	!	»	»
3	2708	3,000	—	!	dd	!	dd	d	d	d	267	2125
		1,600	—	—	—	—	—	—	—	—		
2(	1645	3,000	—	—	—	—	—	—	—	—	203	1572
1(	1371	3,000	—	—	—	—	—	—	—	—	142	1289
	208	5,000	—	—	—	—	—	—	—	—	100	66 (3)
4	799	1,184	—	—	—	—	—	—	—	—	89	119 (4)
2(	1575	1,982	—	—	—	—	—	—	—	—	169	1029
1	713											
	514											
	0	5,000	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
	3,4	0.320	--	?	—	?	—	—	—	—		3,3
	2,4	2,000	!	!!	d	!!	!	d	!	d	0	2,3
	7,9	1,500	—	—	—	—	—	—	—	—	0	11,7

La... ix di Parigi; i numeri 1, 10, 11, 12, 13, 14 furono donati dal prof. E. Scacchi di Napoli; il numero 8 dal

...tivit... di 1200×10^{-3} (β e γ) ricercata su gr. 0.0265, e la meno volatile di 97,1×10^{-3} (β e γ) e di 199×10^{-3}

...one ...ù volatile la cui radioattività è di 16380×10^{-3} (α, β e γ).

L' Elio nei minerali recenti.

Numero d'ordine	MINERALI (¹)	LOCALITÀ	COMPOSIZIONE	Radioattività riferita all' UO^2 in mmg. 200 di minerale — raggi β e γ	Radioattività riferita all' UO^2 in mmg. 200 di minerale — raggi α, β e γ	Quantità su cui venne ricercato l'Elio gr.	LINEE OSSERVATE DELLO SPETTRO DELL'ELIO (U. A.°) 6678.1	5886,03 D_3	5047,82	5015,75	4922,08	4713,28	4471,75	4318,11	Radioattività riferita all' UO^2 della parte fissa dopo la calcinazione per quantità riferite a mgr. 200 di minerale non calcinato — raggi β e γ	raggi α, β e γ
1	Carnotite	St. Miguel (*Colorado*)		$10^{-3}\times 183$	$10^{-3}\times 1434$	3,000	—	!	?	!	dd	d	d	—		
2	»	Cté de Montrose (*Colorado*)	$K^2O.2U^2O^3.V^2O^5.3H^2O$	109	885	3,000	—	!	dd	!	?	!	?	—		
3	»	Colorado		45,4	596	3,000	—	!	dd	!	d	dd	ddd	dd	$10^{-3}\times$ 33	$10^{-3}\times$ 590
	»	»		»	»	5,000	—	!!	d	!	d	d	d	!	»	»
4	Torbernite	S. Dày (*Cornewall*)	$Cu(UO^2)^2.P^2O^8.8H^2O$	324	2708	3,000	—	!	dd	!	dd	d	d	d	267	2125
5	Autunite	St. Symphorien (*Saône et Loire*)				1,600	—	—	—	—	—	—	—	—		
6	»	Sassonia (*Eibenstocker Granit, Erzgebirge*)	$Ca(UO^2)^2.P^2O^8.8H^2O$	267	1645	3,000	—	—	—	—	—	—	—	—	203	1572
7	»	Les Riaux (*St. Symphorien*)		165	1371	3,000	—	—	—	—	—	—	—	—	142	1289
8	Cotunnite	Vesuvio (*Eruzioni preced. al 1906*)	$PbCl^2$	42 (²)	208	5,000	—	—	—	—	—	—	—	—	100	66 (³)
9	»	» *Eruzione del 1906*		477	799	1,184	—	—	—	—	—	—	—	—	89	119 (⁴)
10	Galena	» »		206	1575	1,982	—	—	—	—	—	—	—	—	169	1029
11	»	» »	PbS	122	713											
12	»	» »		96	514											
13	»	Monte Somma (*Vesuvio*)	$PbS(ZnS+Fe^3O^4)$	0	0	5,000	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
14	Titanite	Isola d'Ischia			3,4	0.320	--	?	—	?	—	—	—	—		3,3
15	»	Renfrew (*Ontario-Canadà*)	$CaO.TiO^2.SiO^2$	0	2,4	2,000	!	!!	d	!!	!	d	!	d	0	2,3
16	» nella Sanidinite	Laacher See (*Eifel*)		0	7,9	1,500	—	—	—	—	—	—	—	—	0	11,7

(¹) I numeri 3, 4, 6, 15, 16 vennero acquistati dal dott. Krantz di Bonn; i numeri 2, 5, 7 furono donati dal prof. Lacroix di Parigi; i numeri 1, 10, 11, 12, 13, 14 furono donati dal prof. E. Scacchi di Napoli; il numero 8 dal prof. C. Chistoni di Napoli; il numero 9 dal prof. E. Scacchi e dal dott. G. Kernot di Napoli.

(²) La radioattività fu ricercata sopra 1 gr. di sostanza.

(³) La radioattività fu ricercata sopra 1 gr. di sostanza; la parte più volatile, dopo la calcinazione, ha una radioattività di 1200×10^{-3} (β e γ) ricercata su gr. 0.0265, e la meno volatile di $97,1\times 10^{-3}$ (β e γ) e di 199×10^{-3} (α, β e γ) ricercata su gr. 1,000.

(⁴) La parte volatile ha una radioattività di 692×10^{-3} (β e γ) e di $92,38\times 10^{-3}$ (α, β e γ). Ridistillata dà una frazione più volatile la cui radioattività è di 16380×10^{-3} (α, β e γ).

FIG. 1 - POTERE ASSORBENTE DEL CARBONE DI NOCCIOLI DI CILIEGIE RAFFREDDATO CON ARIA LIQUIDA.

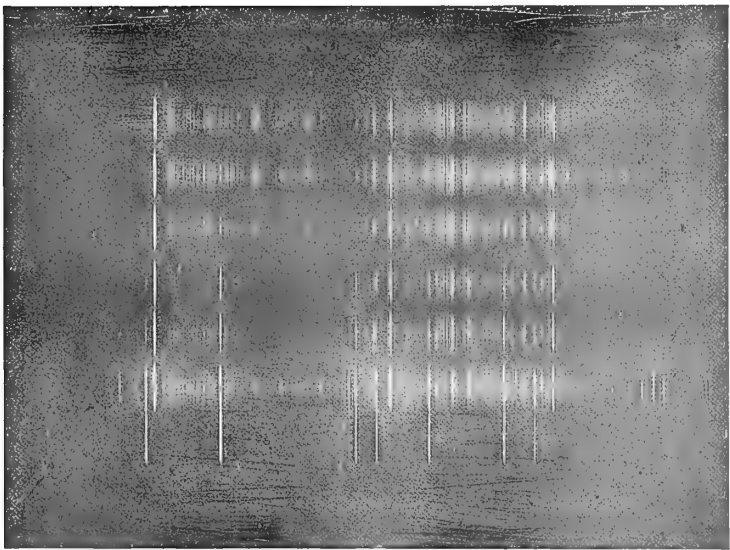



FIG. 2 - LIMITE DI VISIBILITÀ DELLO SPETTRO DELL'ELIO NELLA EUXENITE DI ARENDAL.

Stab. Arti Graf. Roseo, Calogero & C.i
Tip. Pierro - Napoli

FIG. 3 - LIMITE E SUCCESSIONE DI VISIBILITÀ DELLO SPETTRO DELL' ELIO NELL'ARIA DI NAPOLI.

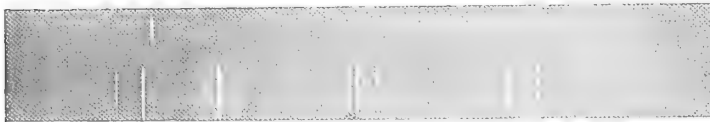



FIG. 4 - VESUVIO.

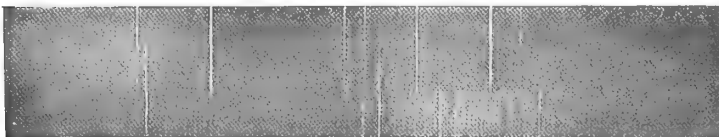



FIG. 5 - LONEDO.

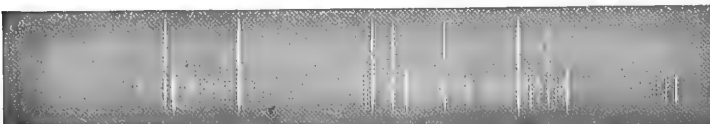



FIG. 6 - SAFFRAGAN.

SPETTRO DELL'ELIO NEGLI ZIRCONI.

Stab. Arti Graf. Roseo, Calogero & C.i
Tip, Pierro - Napoli

ELIO	RADIOATTIVITÀ	DENSITÀ
1. Ceylan	*1. Vesuvio*	1. Madagascar
2. Saffragan	*2. Ceylan*	2. Novale
3. Henderson Co.	*3. Henderson Co.*	3. Renfrew
4. Connecticut	*4. Saffragan*	4. Lonedo ros. bru.
5. Madagascar	*5. Connecticut*	5. Lonedo giallo
6. Eganville	*6. Madagascar*	6. Tasmania
7. Renfrew	*7. Caldos*	7. Expally rosso
8. Expally verd.	*8. Expally verd.*	8. Diego Suarez
9. Gröenlandia	*9. Gröenlandia*	9. Gröenlandia
10. Caldos	*10. Eganville*	10. Miask
11. Brevig	*11. Brevig*	11. Brevig
12. Miask	*12. Miask*	12 Henderson Co.
13. Novale	*13. Expally ros.*	13 Connecticut
14. Lonedo ros, bru.	*14. Diego Suarez*	14 Caldos
15. Vesuvio	*15. Renfrew*	15 Vesuvio
16. Tasmania	*16. Novale*	16 Eganville
17. Lonedo giallo	*17. Lonedo giallo*	17. Expally verd.
18. Diego Suarez	*18. Tasmania*	18. Saffragan
19. Expally ros.	*19. Lonedo rosso bruno*	19. Ceylan

L. Salomone, Roma

FIG. 8 - TORMALINA ROSEA DI MAHARITRA.

FIG. 9 - TORMALINA VERDE DI MAHARITRA.

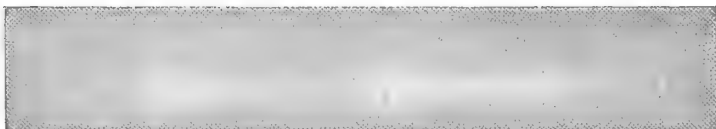



FIG. 10 - CASTORITE DELL'ELBA.

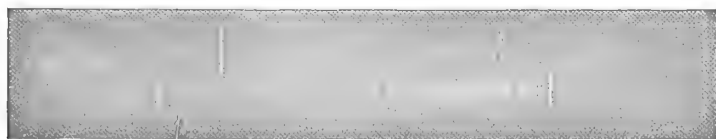



FIG. 11 - POLLUCE DI HEBRON.

SPETTRO DELL'ELIO IN ALCUNI MINERALI RADIOINATTIVI.

Superiormente lo spettro dell' Elio puro, inferiormente quello del minerale.

Stab. Arti Graf. Roseo, Calogero & C.i
Tip. Pierro - Napoli

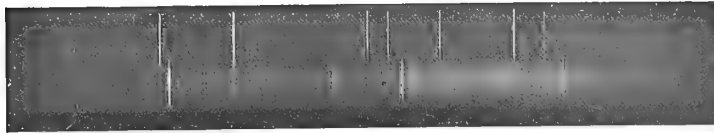



FIG. 12 - CARNOTITE DI MONTROSE.

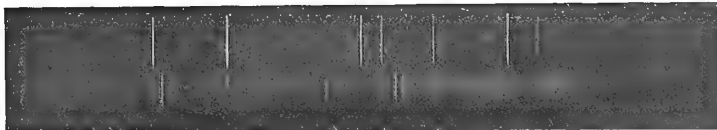



FIG. 13 - TORBERNITE DI S. DÀY.

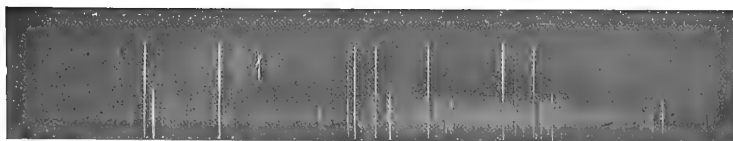



FIG. 14 - TITANITE DI RENFREW.

SPETTRO DELL' ELIO NEI MINERALI RECENTI.

Superiormente lo spettro dell' Elio puro, inferiormente quello del minerale.

Stab. Arti Graf. Roseo, Calogero & C.i
Tip. Pierro - Napoli

RELAZIONE

del Corrisp. Battelli, relatore, e del Socio Righi, letta nella seduta del 5 marzo 1911, sulla Memoria del dott. Arciero Bernini, intitolata: *Contributo allo studio della velocità degli ioni di fiamma.*

Nello studio della velocità degli ioni nelle fiamme il Child e il Gianfranceschi sono giunti a risultati non concordanti. Il prof. Bernini in questa Memoria si è proposto di ripetere le determinazioni in circostanze, per quanto era possibile, simili a quelle dei due sperimentatori sopra citati, per poter trovare la ragione delle incongruenze.

Con un dispositivo sperimentale sostanzialmente uguale a quello suggerito dal Thomson, il Bernini ha indagato la dipendenza fra l'intensità della corrente di ionizzazione e la distanza del collettore dalla fiamma. Così ha trovato che la corrente negativa supera sempre quella positiva, conformemente a quanto aveva stabilito il Child, e non passa mai per un massimo.

Sulla distribuzione del potenziale, a differenza di quanto ha trovato il Gianfranceschi, risulta dalle esperienze del Bernini che nel campo non esistono punti a potenziale superiore di quello della fiamma. I valori del potenziale lungo una linea di corrente, riportati su una curva, permettono all'Autore il calcolo grafico delle derivate $\frac{dV}{dx}$ e $\frac{d^2V}{dx^2}$. In tal modo egli si procura tutti gli elementi per calcolare la velocità, sia con la formula originaria del Thomson, sia con le formule modificate dal Child e dal Gianfranceschi allo scopo di utilizzare elementi meglio accessibili all'esperienza.

L'Autore verifica un notevole accordo fra i risultati delle tre formule, e ciò autorizza a concludere che i tre procedimenti sono ugualmente atti alle determinazioni di velocità.

Nel lavoro appariscono qualità di ordine e di metodo degne di nota; osservazioni non prive di valore sull'indirizzo della ricerca, per quanto spesso vaghe e sommarie. Le esperienze sono accurate, e, sebbene non servano ad approfondire la conoscenza dei fenomeni di ionizzazione, contribuiscono a fissare il valore di una costante fisica importante in questi studî.

Perciò la Commissione è favorevole alla stampa di questo lavoro nelle Memorie dell'Accademia, tanto più che esso per la massima parte è di critica, di rettifica e di complemento ad un lavoro del Gianfranceschi apparso in queste stesse Memorie.

Contributo allo studio della velocità degli ioni di fiamma.

Memoria del dott. ARCIERO BERNINI

presentata nella seduta del 5 marzo 1911

§ I.

Introduzione e scopo del lavoro.

1. È noto il concetto del metodo che il prof. J. J. Thomson [1] consiglia, senza fare esperienza alcuna, per la determinazione della velocità specifica degli ioni in genere.

Se χ_2 e χ_1 rappresentano i valori della forza in due punti x_2 e x_1 dell'asse x normale ai due piatti A e B, fra i quali, p. es. in MN, agisce una causa ionizzante,

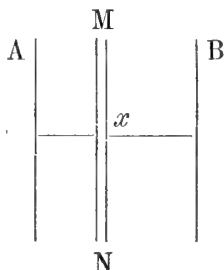



FIG. 1.

e se fuori di MN, nello spazio compreso fra i due piatti, non si trovano che ioni di un solo segno, il valore della velocità specifica si ricava dalla formula

$$(\alpha) \qquad K = \frac{8\pi i(x_2 - x_1)}{\chi_2^2 - \chi_1^2}.$$

Il Child [2] tenta di applicare il metodo agli ioni di fiamma, e trova, per una differenza di potenziale fra i piatti di 98,5 Volta e per $x_1 = 1$ e $x_2 = 6$, una velocità di 2,6 cm. per gli ioni negativi, e di 2,2 cm. per gli ioni positivi. Dichiara però che il metodo non è soddisfacente, perchè riesce assai difficile la determinazione della

[1] J. J. Thomson, Phylos. Magazine.

[2] Child, Phys. Rew. Vol. XII, 1901.

forza elettrica nei diversi punti del campo, e propone una modificazione, secondo la quale il valore della velocità sarebbe dato dalla formula

$$(\beta) \qquad K = \frac{32\,\pi i x^3}{9V^2},$$

dove x rappresenta la distanza del piatto, su cui si misura l'intensità di corrente i, dal piano in cui finisce il campo ionizzante (in questo caso lembo della fiamma), e V la differenza di potenziale fra il piatto e il piano origine.

Viene con ciò risparmiata la determinazione della distribuzione del potenziale tra fiamma e piatto, e quella della tangente trigonometrica alla curva dei potenziali che darebbe il valore della forza.

I risultati che con questo metodo il Child ottiene per la i sono approssimativamente d'accordo colla (β), e per la K ottiene con buona approssimazione dei valori concordanti col valore riportato sopra ricavato col metodo di Thomson, e crescenti col diminuire della distanza.

Il dott. G. Gianfranceschi [1] ritiene che, se il metodo del Child evita le grandi difficoltà che si incontrano per una esatta determinazione della forza, presenta una difficoltà non minore nella determinazione della distanza x fra piatto e quel piano parallelo che limita il campo in cui avviene la ionizzazione ed in cui si trovano ioni di ambo i segni.

Questo piano non è certo il piano della fiamma, ed in realtà esso non è affatto determinato, in quanto che il passaggio dal campo in cui vi sono ioni di entrambi i segni e quello in cui non ve n'è che di un solo segno avviene con continuità. — L'incertezza di questa determinazione, considerando che nella formula del Child la x si trova alla 3ª potenza, non può portare, sempre secondo il Gianfranceschi, variazioni minori nel valore della velocità di quelle che possono derivare per la incertezza nella determinazione della forza col metodo di Thomson. Inoltre sia la formula del Thomson che quella del Child si fondano su una integrazione estesa a tutto il campo che va dal piatto alla fiamma, come se il numero di ioni fosse indipendente da x, ma invece la distribuzione dei ioni nel campo non è omogenea, sicchè è arbitrario il non tenerne conto.

Per tutto questo, ed in particolare per evitare gli errori che possono derivare dalla complicata distribuzione degli joni nel campo, il Gianfranceschi propone una nuova modificazione al metodo di Thomson, colla quale il valore della velocità si ricava dalla formula

$$K = \frac{4\pi i}{\chi \dfrac{d\chi}{dx}}$$

dove i valori di χ e di $\dfrac{d\chi}{dx}$ sono quelli che si hanno sul piatto su cui si è misurata la corrente i. — Questa formula dà non già il valore medio di velocità tra fiamma e piatto come quella del Child, nè il valore medio in uno spazio qualunque fra due

(1) Gianfranceschi, Memorie dell'Accad. dei Lincei, 1905.

piani normali al campo come quella del Thomson, bensì il valore della velocità per gradiente unitario che gli ioni hanno alla distanza a cui si trova il piatto dalla fiamma, e ciò, secondo il Gianfranceschi, indipendentemente dalla distribuzione degli ioni compresi tra fiamma e piatto, ma in funzione soltanto della densità nello strato aderente al piatto stesso.

2. Senza entrare per ora in merito all'opportunità di applicare l'uno o l'altro dei metodi descritti, espongo quanto emerge da un attento esame dei risultati ottenuti.

a) Dato il genere di misure assai delicate, le sconcordanze rilevate dal Gianfranceschi fra i suoi risultati e quelli del Child non pregiudicherebbero certo la fiducia su alcuno dei due metodi. Se però osserviamo che, in seguito ad un errore di calcolo sfuggito al Gianfranceschi nella riduzione della sua formula dalle unità elettrostatiche alle pratiche, i risultati di questi, per essere conformi ai dati di esperienza, devono venire tutti moltiplicati pel fattore *3*, le sconcordanze cominciano a diventare un po' troppo sensibili.

b) Dalle considerazioni che fa il Child riguardo ai suoi risultati per l'intervallo da 1 a 6 cm. dalla fiamma, appare giustificato che i valori di K (la quale per definizione dovrebbe essere indipendente non solo da V ma anche dalla distanza x), decrescano alquanto col crescere di x, poichè col crescere di questa, e conseguentemente del tempo che gli ioni impiegano per giungere sul piatto collettore, la loro massa s'ingrandisce, con che viene diminuita la loro velocità effettiva. Se però osserviamo la variazione che K subisce per x dai 6 agli 8 cm., notiamo che essa è di tutt'altro ordine di grandezza, nè il Child sa giustificarla se non coll'ammettere cause d'errore nella determinazione stessa. La ora accennata spiegazione potrebbe anche valere a giustificare le variazioni di K col campo, ma dai dati che egli espone nella tabella IX del suo lavoro si rileva a questo riguardo una grande sconcordanza. Per la distanza di 6 cm. pare che sia la velocità degli ioni negativi che cresca col crescere del campo, mentre per la distanza di 4 cm. pare che sia la K positiva.

c) Se applichiamo la formula del Child ai dati di esperienza del Gianfranceschi relativi ai campi diversi (50 e 150 Volta) si ricavano per K valori che stanno fra loro come 1 sta a 30 [1]. Ora pur ammettendo in seguito alle considerazioni del Child che la K debba crescere col campo, un aumento di questo genere appare addirittura inverosimile.

Ma v'è ancora di più.

d) Per le distanze dalla fiamma inferiori agli 8 cm., vale a dire precisamente in quell'intervallo in cui, come dicemmo, il Child ha eseguite le sue determinazioni

[1] Dalle tabelle IV e V del lavoro di Gianfranceschi, relative l'una al campo di 50 e l'altra di 150 Volta, si trova che per la medesima distanza di 10 cm. tra fiamma e piatto collettore i valori per la i negativa sono rispettivamente $0{,}129 \cdot 10^{-12}$ e $32{,}65 \cdot 10^{-12}$. Applicando la formula del Child si ha nel primo caso

$$\overline{K} = \frac{32\pi \cdot 0{,}129 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{11} \cdot 10^{3}}{50^{2}} = 0{,}51$$

e nel secondo caso

$$\overline{K} = \frac{32\pi \cdot 32{,}65 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{11} \cdot 10^{3}}{150^{2}} = 14{,}5$$

pel calcolo della K, si riscontrano, secondo il Gianfranceschi, nella determinazione dell'intensità di corrente i e della distribuzione del potenziale V dei fenomeni molto singolari, di cui parleremo in seguito, in conseguenza dei quali non può estendere l'applicazione del suo metodo che per le distanze maggiori degli 8 cm.

Ora, per quanto abbiamo veduto nella descrizione dei tre metodi, le condizioni per la loro applicazione sono precisamente le medesime. Per l'esistenza di queste anomalie nell'intervallo dalla fiamma fino a circa 8 cm. da essa, deriverebbe dunque che anche il metodo di Child non sarebbe applicabile che per distanze maggiori, e quindi le misure del Child non dovrebbero essere attendibili.

Per questo complesso di cose, a cui a mio modo di vedere va aggiunto anche la considerazione che il tentativo di spiegazione che il Gianfranceschi espone per le anomalie riscontrate, come vedremo, non è esente da critica, si comprende quanto le nostre cognizioni sopra un argomento così importante restino scarse o dubbie.

Onde poter trarre qualche utile conclusione, io ho creduto opportuno intraprendere delle ricerche, anzitutto per farmi meglio un'idea della entità delle anomalie ricordate, e per cercarne nel caso una spiegazione più soddisfacente; indi applicare, per quanto è possibile, alle tre formule del Thomson, del Child e del Gianfranceschi, gli stessi dati di esperienza ottenuti colla medesima disposizione sperimentale, per confrontarne fra loro i valori che così si ricavano per la K.

Scopo della presente Memoria è quello di esporre i risultati delle mie esperienze e le conseguenze che ne ho tratte.

§ II.

Misure dell'intensità di corrente.

1. Colla disposizione che appare dalla fig. 2, dove A e B sono due piatti paralleli, l'uno di 20 cm. di diametro carico a 150 Volta, in comunicazione con una

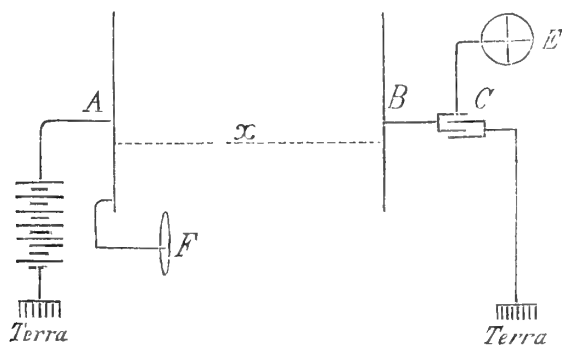



Fig. 2.

fiamma a gas F larga 22 cm. ed a piccolo spessore, collocata un po' al di sotto dei dischi in un piano distante 4 cm. da A, l'altro di 10 cm. di diametro circondato da

un anello di guardia, ed in comunicazione coll'ago d'un elettrometro E e coll'armatura interna di un condensatore C, il dott. Gianfranceschi, studiando le variazioni che subisce la corrente di ioni che arriva su B col variare della distanza fra i due piatti, trova che quando i piatti sono lontani più di 12 cm. la corrente negativa supera la positiva, ma avvicinando i piatti, e precisamente fra i 12 e gli 11 cm. di distanza, la corrente positiva viene a superare la negativa per acquistare un valore quasi doppio alla distanza di 10 cm. Trova inoltre che la corrente negativa per la distanza fra i piatti di 11 cm. acquista un massimo per scendere poi rapidamente per distanze minori. Ciò egli rende a colpo d'occhio manifesto col diagramma della fig. 6 del suo citato lavoro, qui riportato nella fig. 3 (II).

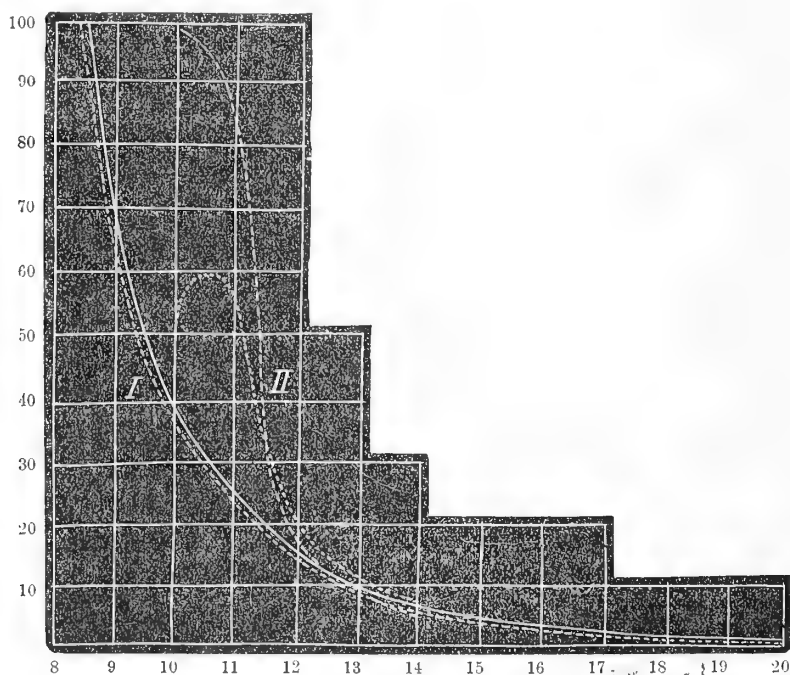



Fig. 3.

A spiegare il massimo di corrente negativa il Gianfranceschi pensa che nell'intervallo compreso fra la fiamma ed il piano verticale, nel quale avviene l'eguaglianza delle intensità di corrente (e che sarebbe nel suo caso ad 11 cm. e mezzo da A), esistano ioni di entrambi i segni, e di preferenza rimangano in quel campo gli ioni positivi più lenti degli altri. Ciò poi sarebbe, secondo lui, anche la causa della superiorità della corrente positiva sulla negativa in quel campo, sicchè quest'ultima non diviene maggiore della prima se non quando lo spazio è libero di ioni positivi.

A mio modo di vedere questa ipotesi non si presta a sufficienza per spiegare le anomalie descritte; d'altra parte poi non mi pare troppo lecito l'ammettere che fino alla distanza di 11 cm. e mezzo da A, ossia a 7 cm. e mezzo dalla fiamma, possano trovarsi degli ioni dello stesso segno di A; e tanto meno poi pensando che la fiamma,

per essere in comunicazione con A epperciò carico dello stesso segno di A, deve avere indubbiamente tendenza essa stessa ad assorbire gli ioni di segno contrario.

Ho creduto che si potesse decidere in merito alla validità dell'ipotesi del Gianfranceschi osservando come collo sperimentare con campi di intensità diversa avrebbe di conseguenza variato l'intervallo entro cui si verificano le anomalie nell'intensità di corrente. Secondo quella ipotesi, questo intervallo, che nel caso descritto dal Gianfranceschi, e cioè per un campo di 150 Volta, si estendeva fino a 7 cm. e mezzo dalla fiamma, avrebbe dovuto modificarsi con l'intensità del campo, e precisamente restringersi coll'aumentare di quello e viceversa. Il dott. Gianfranceschi, che ha pure operato con campi di diversa intensità, non parla di avere notato queste modificazioni, che la sua ipotesi lasciava prevedere.

2. Nelle esperienze intraprese a questo scopo, non mi fu possibile operare su di una fiamma delle identiche dimensioni di quella usata dal Gianfranceschi. Data la debole pressione del gas nel mio laboratorio non potevo ottenerla altro che larga 15 cm. La collocavo a 4 cm. da A parallelamente ai piatti ed alquanto al di sotto, in modo da non entrare fra i medesimi con la parte luminosa, ed in comunicazione con A mediante un filo metallico.

Conseguentemente, onde avvicinarmi il più possibile alle condizioni di esperienza in cui si era posto il Gianfranceschi, dovetti ridurre anche in proporzione il diametro dei piatti; ma tutto ciò non poteva portare alcun pregiudizio, e nemmeno l'avere sostituito all'elettrometro un sensibilissimo elettroscopio, con cui potevo apprezzare senza difficoltà il mezzo Volta.

Per sperimentare, caricato A (vedi fig. 2) ad un certo potenziale, mettendolo in comunicazione con un estremo di una pila di cui l'altro estremo era al suolo, e collegato B al sistema costituito dall'elettroscopio e dal condensatore, tenevo B per un certo tempo al suo insieme coll'anello di guardia, indi lo isolavo, seguendo con un cronometro il salire della foglia. Dividendo l'aumento di potenziale che subiva B in un secondo per la sua sua superficie in cm.^{2}, e moltiplicando il prodotto per la capacità del sistema si aveva l'intensità di corrente che giungeva su B a quella data distanza.

Nelle mie esperienze preliminari constatai della incostanza nei risultati, e ciò per due cause di errore.

L'una, la penetrazione di carica nel dielettrico della bottiglia di Leyda in comunicazione con B e coll'elettroscopio, in causa della quale i valori del potenziale a cui giungeva B dopo un certo tempo diventavano crescenti col diminuire dell'intervallo fra esperienza ed esperienza.

L'altra, il fatto che una gran quantità di quegli ioni, che per la corrente ascendente provocata dalla fiamma non riusciva a cadere nè su B nè sull'anello di guardia, girava dietro all'anello stesso, e quivi quegli ioni, a seconda del loro numero ed in modo diverso fra esperienza ed esperienza, producevano quel fenomeno che già ebbi occasione di mostrare in un mio recente lavoro ([1]), cioè agivano con le loro cariche

([1]) A. Bernini, *Fenomeni d'influenza prodotti dai ioni emessi da una fiamma posta in un campo elettrico.* Nuovo Cimento, serie 5^a, vol. VII, maggio 1909.

per influenza sul sistema. Che queste fossero effettivamente le cause perturbatrici, lo provò il fatto che col sostituire al primitivo anello di guardia un altro anello di diametro circa il triplo, ed alla bottiglia di Leyda un condensatore ad aria, i risultati riuscirono concordanti in modo soddisfacente.

Le prime esperienze che eseguii con A carico a 61 Volta mi mostrarono come, per tutto l'intervallo da 20 a 9 cm. fra i piatti, i valori del potenziale a cui giungeva B dopo due secondi e mezzo erano per A negativo sempre maggiori che non quando A era positivo, e per dippiù sempre crescenti.

Dedotte da questi valori le velocità di carica B, ossia gli aumenti del potenziale in 1″ alle diverse distanze, e moltiplicati pel quoziente $\frac{6,22 \,.\, 10^{-12}}{38,46}$ della capacità in Fanday del sistema per la superficie di B in cm.^{2}, ho ottenuto i valori dell'intensità di corrente che riporto nella seguente

TABELLA I.

Distanza fra i piatti in cm.	Intensità della corrente in Ampère	
	Fiamma negativa	Fiamma positiva
20	$1,54 \,.\, 10^{-13}$	$1,40 \,.\, 10^{-13}$
19	2,08 »	1,95 »
18	2,58 »	2,41 »
17	3,42 »	3,35 »
16	4,34 »	4,10 »
15	5,88 »	5,72 »
14	7,46 »	7,37 »
13	10,50 »	10,00 »
12	15,34 »	14,41 »
11	26,18 »	25,02 »
10	38,07 »	36,34 »
9	68,60 »	65,21 »

Per le distanze fra i piatti inferiori ai 13 cm., cioè all'incirca in quell'intervallo in cui avrebbero dovuto verificarsi le anomalie nell'intensità della corrente, la foglia del mio elettroscopio saliva un po' rapidamente sicchè, specialmente alle minime distanze, la determinazione veniva resa un po' difficile. Trovai opportuno perciò controllare i valori ottenuti per quelle distanze, ed all'uopo aumentai la capacità del sistema aggiungendo un altro condensatore ad aria munito di vite micrometrica, con cui potevo accostare i dischi mano a mano che si diminuiva la distanza tra A e B.

Riuscii così ad ottenere che la foglia avesse all'incirca la stessa velocità di salita anche per le distanze 8, 7 e 6 cm. fra i piatti, ossia fino alla distanza di 2 cm. dalla fiamma.

Tenendo conto delle variazioni di capacità che in tal modo si apportavano al sistema, ho calcolato la intensità di corrente, ottenendo i risultati dalla seguente

TABELLA II.

Distanza fra i piatti in cm	Intensità di corrente in Ampère	
	Fiamma negativa	Fiamma positiva
12	16,20 . 10^{-13}	—
11	25,20 »	—
10	37,10 »	35,90 . 10^{-13}
9	69,80 »	65,60 »
8	137,20 »	134,88 »
7	358,40 »	350,12 »
6	1269,70 »	1209,30 »

di cui quelli relativi alle distanze 12, 11, 10 e 9 concordano molto bene coi corrispondenti della tabella precedente.

Dall'esame di questi dati e dalle curve I del diagramma (fig. 3) costruite con valori proporzionali a queste correnti per confronto colle curve II di Gianfranceschi non risulterebbero, per un campo di 61 Volta, confermate le anomalie da questi descritte. L'intensità di corrente negativa risultò sempre maggiore della positiva, senza raggiungere mai nessun massimo.

3. Nè diversamente ebbi a constatare con campi di intensità diversa. Infatti, con A carico una volta a 31 un'altra a 121 Volta, ottenni per la i i valori che raccolgo nella seguente

TABELLA III.

Distanza fra i piatti in cm.	Intensità di corrente per campo di 31 V.		Intensità di corrente per campo di 121 V.	
	Fiamma negativa	Fiamma positiva	Fiamma negativa	Fiamma positiva
20	0,327 . 10^{-13}	0,269 . 10^{-13}	6,80 . 10^{-13}	5,20 . 10^{-13}
19	0,451 »	0,400 »	—	—
18	0,546 »	0,507 »	11,81 »	10,27 »
17	0,712 »	0,699 »	—	—
16	1,00 »	0,964 »	19,28 »	17,90 »
15	1,41 »	1,36 »	—	—
14	1,82 »	1,75 »	34,75 »	31,13 »
13	2,51 »	2,42 »	—	—
12	3,43 »	3,39 »	67,31 »	103,60 »
11	5,50 »	5,41 »	—	—
10	8,32 »	8,12 »	174,08 »	160,20 »
9	15,37 »	15,60 »	319,00 »	305,00 »
8	32,88 »	31,00 »	606,22 »	591,00 »
7	82,21 »	77,30 »	1408,30 »	1412,20 »
6	295,50 »	261,00 »	5124,35 »	4923,00 »

e le curve che con essi si potrebbero costruire mostrerebbero un andamento perfettamente analogo alle curve I.

4. Volendo pur trovare quelle condizioni di esperienza che mi dessero modo di accertare alcuna delle anomalie riscontrate dal Gianfranceschi, pensai di modificare la mia disposizione sperimentale sia abbassando di più la fiamma rispetto ai dischi od innalzandola in modo da portarla colla parte luminosa all'altezza di quelli; sia variandone le dimensioni, sia togliendo la comunicazione fra esso ed il disco A, o mettendola al suolo.

Per brevità non sto a riportare i risultati delle esperienze che eseguii colla massima cura in tutte queste diverse condizioni. Dico soltanto che in nessun caso mi fu dato accertare andamenti per l'intensità di corrente diversi da quello sopra descritto.

Potei invece dai miei risultati dedurre:

a) Che a parità di altre condizioni i valori della i sia positiva che negativa diventano più piccoli coll'aumentare della superficie dei dischi rispetto alla fiamma.

b) Che per fiamma più larga di B l'intensità di corrente è maggiore se la fiamma è tutta appena sotto al livello dei dischi, di quello che non sia quando la parte luminosa si trova fra questi compresa, ed il contrario invece accade per fiamma meno larga di B.

c) Che i valori minimi per l'intensità di corrente a parità di campo e distanza fra i piatti si hanno colla fiamma isolata e scarica, e più specialmente quando questa si trova sotto i dischi.

Credo ovvie le spiegazioni di questi risultati.

§ III.

Misure per la determinazione della distribuzione del potenziale.

Per la determinazione del potenziale fra i piatti feci uso, come già il Child ed il Gianfranceschi, del getto d'acqua, il quale, com'è noto, assume il potenziale del campo nel punto in cui comincia a separarsi in goccioline.

Le esplorazioni fatte generalmente ad ogni centimetro sull'asse dei due piatti mettendo l'acqua in comunicazione con un elettrometro, per quanto eseguite colla massima cura mi davano risultati le cui differenze fra una serie di esperienze e l'altra raggiungeva comunemente il 4 o il 5 per cento, ed in alcuni casi saliva fino al 7 %, ciò che non è però da meravigliare dato il genere di misure. Siccome dal confronto fra i risultati ottenuti cambiando il segno del potenziale della fiamma e di A le differenze erano dello stesso ordine di grandezza, ed ora in eccesso ora in difetto, così ho creduto opportuno prendere le medie complessive dei risultati per ciascuna distanza dei piatti, e servirmi di queste per la costruzione delle curve dei potenziali.

Nelle tabelle che seguono raccolgo solamente i dati per quelle distanze per le quali riporto infine i valori delle velocità ricavati coi 3 metodi.

Tabella IV.

Pot. A = 61 Volta

Distanze dal piatto A	Distanze fra i piatti in cm.				
	20	16	12	10	8
cm. 3	61	61	61	61	61
» 4 fiamma	61	61	61	61	61
» 4,5	61	61	60	59,6	59
» 5	61	60,5	58	56,8	53,8
» 6	59	57	54,2	49	39,5
» 7	57	53,2	47,2	39	23
» 8	54,2	49	40,8	27	0
» 9	51,2	44,5	32	15	—
» 10	48,2	39,5	23	0	—
» 11	45	33,8	12,8	—	—
» 12	41	27,5	0	—	—
» 13	37	20,2	—	—	—
» 14	32,5	14,8	—	—	—
» 15	28,5	7	—	—	—
» 16	24	0	—	—	—
» 17	19,2	—	—	—	—
» 18	13,5	—	—	—	—
» 19	7,5	—	—	—	—
» 20	0	—	—	—	—

Tabella V.

Distanze dal piatto A in cm.	Distanze fra i piatti in cm.					
	Pot. A = 31 Volta			Pot. A = 121 Volta		
	20	12	8	20	12	8
3	31	31	31	121	121	121
fiamma 4	31	31	31	121	121	121
4,5	31	30 7	29,5	121	119	118
5	31	30,2	27	121	116	106
6	30,5	27,5	19,5	116	105	78
7	30	25	11,3	—	—	44
8	29	21	0	105	80	0
9	28,2	16,5	—	—	61,5	—
10	26,9	10	—	55,3	45	—
11	25	7	—	—	24,2	—
12	23	0	—	40,5	0	—
13	21	—	—	—	—	—
14	19	—	—	60	—	—
15	16,5	—	—	56,5	—	—
16	14	—	—	46	—	—
17	11	—	—	36,5	—	—
18	8	—	—	25	—	—
19	4,5	—	—	14	—	—
20	0	—	—	0	—	—

Del resto pure il Child non trova differenze sensibili fra le curve ottenute con fiamma carrca positivamente e quelle ottenute con fiamma negativa.

Invece il Gianfranceschi, nello spazio molto vicino alla fiamma, e soltanto quando questa è carica negativamente, trova che il potenziale è sempre alquanto maggiore del potenziale della fiamma.

Secondo lo stesso, questo fatto troverebbe la sua giustificazione nell'altro, che sulla fiamma la forza elettrica è nulla, quindi ad un punto di zero per la curva delle forze deve corrispondere un massimo per quella dei potenziali.

Senonchè l'essere sulla fiamma nulla la forza elettrica non giustifica affatto un massimo che sia superiore al potenziale della fiamma e di A; nè si comprende che ciò debba accadere solo quando la fiamma è carica negativamente.

Dai miei risultati appare che il potenziale del piatto A e della fiamma ad esso collegata non viene mai superato; però si conserva costante anche per qualche millimetro verso B specialmente quando questo è lontano.

Di ciò verrà tenuto conto nell'applicazione della formula del Child.

§ IV.

Determinazione dei valori di $\frac{dV}{dx}$ e di $\frac{d^2V}{dx^2}$.

Per determinare i valori della forza nell' intervallo tra fiamma ed il piatto B ho costruito le curve dei potenziali mediante i dati delle tabelle IV e V, indi ho ricavato col calcolo grafico le curve derivate prime di quelle.

Perchè le determinazioni riescissero il meglio possibile esatte, nel diagramma delle curve dei potenziali ogni centimetro delle ascisse rappresentava 0,5 cm. di distanza fra i piatti, ed ogni centimetro lungo l'asse delle ordinate rappresentavano due Volta. I valori della forza così ricavati sono poi stati, perciò, moltiplicati per quattro.

Nella seguente tabella riporto i valori di $\frac{dV}{dx}$ relativi al campo di 61 Volta coi quali sono state costruite le curve che ho riportate nel diagramma della fig. 5, ridotte ad $^1/_4$, come quelle dei potenziali (fig. 4).

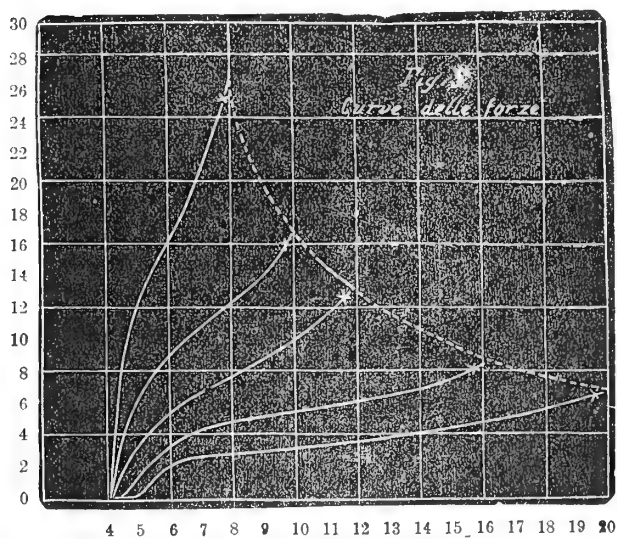
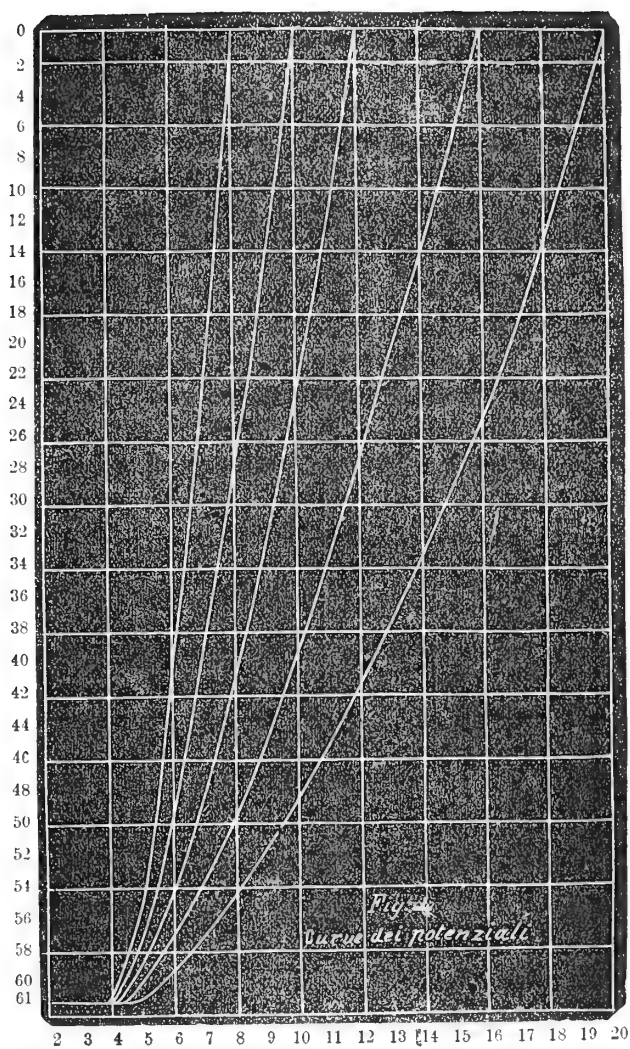



TABELLA VI.

Pot. di A = 61 Volta

Distanze dal piatto A in cm.	Distanze fra i piatti in cm.				
	20	16	12	10	8
4	—	—	—	—	—
4,5	—	—	—	4,48	7,52
5	—	2,40	4,76	6,52	12,68
6	2,2	3,48	5,48	9,20	15,92
7	2,46	3,88	6,40	10,68	20,56
7,5	—	—	—	—	23,24
8	2,78	4,44	7,68	12,28	26,02
9	3,06	4,84	8,86	13,48	—
9,5	—	—	—	15,60	—
10	3,24	5,48	10,00	16,64	—
11	3,72	6,04	11,70	—	—
11,5	—	—	12,42	—	—
12	4,02	6,12	13,50	—	—
13	4,36	6,64	—	—	—
14	4,44	6,92	—	—	—
15	4,49	7,62	—	—	—
15,5	—	7,99	—	—	—
16	5,00	8,36	—	—	—
17	5,28	—	—	—	—
18	5,66	—	—	—	—
19	6,40	—	—	—	—
19,5	6,61	—	—	—	—
20	6,82	—	—	—	—

2. Per ricavare le derivate delle forze, che rappresentano valori proporzionali alle densità degli ioni per ogni piano di livello, ho costruito sulla stessa scala delle curve dei potenziali e coi valori della tabella VI e di quelle relative ai campi di 31 e 121 Volta, che qui non ho per brevità riportato, le curve delle forze; ed ho operato su queste come avevo operato sulle curve dei potenziali. Nella seguente tabella riporto i valori delle densità relative al campo di 61 Volta, coi quali sono state costruite le curve della fig. 6.

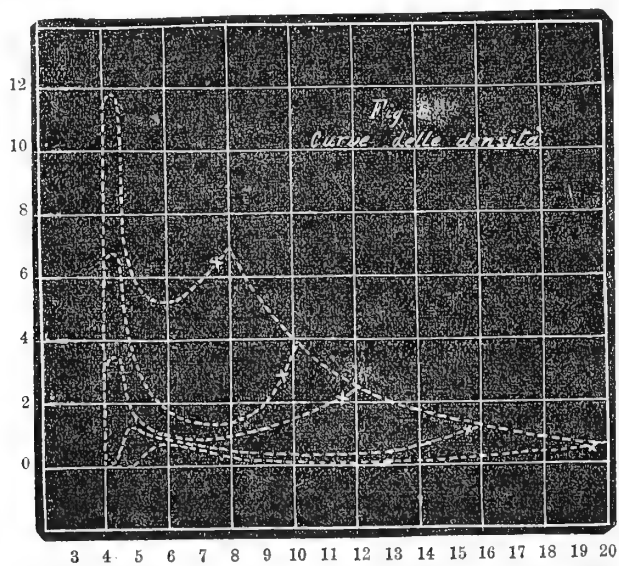



TABELLA VII.

Distanze dal piatto A in cm.	Distanze fra i piatti in cm.				
	20	16	12	10	8
4	—	—	—	—	—
4,5	—	—	3,18	6,84	11,60
5	—	1,376	1,52	3,236	5,84
6	0,70	0,85	1,00	1,82	5,28
7	—	0,512	0,99	1,48	5,88
7.5	—	—	—	—	6,36
8	0,27	0,42	1,068	1,38	7,00
9	0,20	0,39	1,184	1,80	—
9,5	—	—	—	2,96	—
10	0,10	0,388	1,376	3,90	—
11	0,08	—	1,696	—	—
11,5	—	—	2,036	—	—
12	0,06	0,322	2,40	—	—
13	0,07	0,342	—	—	—
14	0,10	0,596	—	—	—
15	0,13	0,96	—	—	—
15,5	0,18	1,12	—	—	—
16	0,20	2,248	—	—	—
17	0,35	—	—	—	—
18	0,42	—	—	—	—
19	0,502	—	—	—	—
19,5	0,541	—	—	—	—
20	0,562	—	—	—	—

Gli andamenti delle curve delle forze e delle densità relative ai campi di 31 e 121 Volta sono analoghi e concordanti con quelli delle curve di Gianfranceschi.

§ V.

Applicazione dei dati di esperienza alle tre formule relative ai 3 metodi.

1. Come furono espresse da principio le tre formule si riferivano ad unità elettrostatiche. I nostri dati invece sono espressi in unità pratiche; sicchè è necessario ridurre le tre formule in unità pratiche.

Dalla formula del Thomson

$$K = \frac{8\pi i (x_2 - x_1)}{\chi_2^2 - \chi_1^2}$$

si ottiene

$$300\,K = \frac{8\pi i \,.\, 3 \,.\, 10^9 \,.\, (x_2 - x_1)}{\left(\frac{1}{300}\right)^2 \cdot (\chi_2^2 - \chi_1^2)},$$

da cui

$$K = \frac{72\pi i \, . \, 10^{11} (x_2 - x_1)}{\chi_2^2 - \chi_1^2} . \tag{1}$$

Dalla formula del Child

$$K = \frac{32\pi i \, x^3}{V_x^2}$$

si ricava

$$K = \frac{32\pi i \, . \, 10^{11} x^3}{V_x^2} . \tag{2}$$

Dalla formula di Gianfranceschi

$$K = \frac{4\pi i}{\chi \frac{d\chi}{dx}}$$

si ottiene

$$300\,K = \frac{4\pi i \, . \, 3 \, . \, 10^9}{\left(\frac{1}{300}\right)^2 \cdot \chi \frac{d\chi}{dx}} ;$$

e quindi

$$. \, K = \frac{12\pi i \, . \, 10^{11} . 3}{\chi \frac{d\chi}{dx}} , \tag{3}$$

e non soltanto

$$K = \frac{12\pi i \, . \, 10^{11}}{\chi \frac{d\chi}{dx}} ,$$

come ricavò erroneamente il Gianfranceschi.

Di tutta la serie dei risultati ottenuti per la velocità colla formula del Thomson ho riportato qui per brevità solamente quelli corrispondenti agli intervalli $(x_2 - x_1)$ che più mi interessavano, e cioè quelli corrispondenti al massimo intervallo, onde confrontarli con quelli ricavati dalle formule del Child, e quelli corrispondenti all'intervallo dell'ultimo centimetro per confrontarli con quelli ricavati colle formule di Gianfranceschi; inoltre qualche valore per gli intervalli intermedî per giudicare dell'andamento.

Nel calcolo di K colla formula del Child, in cui ha grande influenza il valore della distanza x che vi entra alla 3ª potenza, basandomi sui risultati ottenuti nella valutazione del potenziale, ho tenuto conto di quei tratti verso il piatto B lungo i quali si conservava inalterato il potenziale della fiamma, ed ho misurate le distanze x a cominciare da quei punti il cui potenziale accennava a decrescere. Questi tratti, a parità di distanza fra A e B, subivano delle leggere variazioni a seconda della intensità del campo; ma io ho creduto di non commettere errore sensibile coll'apportare le medesime correzioni nei 3 casi da me studiati. Le distanze fra i piatti, diminuite dei 4 cm. che vanno da A alla fiamma, furono per ciò così ridotte:

Distanze fra i piatti con fiamma a 4 cm. da A	20	18	16	14	12	10	8	6
Valori di x applicati .	15	13	11,2	9,6	7,8	6	4	2

Nel calcolo di K colla formula di Gianfranceschi per χ e $\frac{d\chi}{dx}$ ho introdotto le medie dei valori corrispondenti all'ultimo centimetro, o meglio quelli corrispondenti alla distanza di $^1/_2$ cm. da B e che appariscono segnati con croce nelle figure. Ciò consiglia il Gianfranceschi stesso, poichè è evidente che sull'intensità di corrente influiscono maggiormente questi valori che non quelli che la forza e la densità acquistano proprio sul piatto.

2. Per mostrare come ho dedotto i valori per le velocità riportate nelle tabelle che seguono, dò qui un esempio, riferendomi ai dati relativi al campo di 61 Volta e per la distanza di 20 centimetri fra i piatti.

Applicando la formula del Thomson per l'intervallo da 20 e 19 cm., poichè il valore della i negativa (vedi tabella I) è $1,54 . 10^{-13}$ Ampère, ed i valori della forza a 20 ed a 19 cm. sono rispettivamente (vedi tabella VI) 6,82 e 6,40, si ha per la K negativa

$$\overline{K} = \frac{72\pi . 1,54 . 10^{-13} . 10^{11} . (20 - 19)}{(6,82)^2 - (6,40)^2} = 0,52 .$$

La velocità per l'intervallo (20-6) invece diventa

$$\overline{K} = \frac{72\pi . 1,54 . 10^{-13} . 10^{11} (20\text{-}6)}{(6,82)^2 - (2,2)^2} = 1,11 .$$

Quest'ultimo valore è evidentemente quello più adatto pel confronto col risultato che si ricava applicando la formula del Child

$$\overline{K} = \frac{32\pi . 1,54 . 10^{-13} . 10^{11} . 15^3}{61^2} = 1,38 .$$

Il primo invece più adatto pel confronto della K ricavata col metodo di Gianfranceschi. Con questo poichè dalle tabelle VI e VII si ha che i valori per χ e $\frac{d\chi}{dx}$ a 19,5 cm. sono rispettivamente 6,61 e 0,541 si ha che

$$\overline{K} = \frac{12\pi . 1,54 . 10^{-13} 1 . 0^{11} . 3}{6,61 . 0,541} = 0,48 .$$

Le tabelle che seguono comprendono tutti i risultati che si ricavano coi dati di esperienza riportati nella presente Memoria. Le abbreviazioni T. C. G. stanno ad indicare i valori di K ottenuti rispettivamente colle tre formule del Thomson, del Child e del Gianfranceschi, ed i valori sotto C e G si riferiscono alle distanze indicate sotto x^2 .

La VIII si riferisce alla velocità degli ioni negativi. La IX alla velocità degli ioni positivi.

$\overset{-}{K}$

Tabella VIII.

		Pot. di A = 61 Volta			Pot. di A = 31 Volta			Pot. di A = 121 Volta		
x_2	x_1	T	C	G	T	C	G	T	C	G
20	19	0,518	—	—	0,508	—	—	0,673	—	—
	16	0,622	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	0,92	1,38	0,48	—	1,17	0,42	1,06	1,61	0,53
	10	0,92	—	—	0,87	—	—	—	—	—
	6	1,11	—	—	1,09	—	—	1,41	—	—
16	15	0,79	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	1,46	1,63	0,582	—	—	—	—	—	—
	5	1,60	—	—	—	—	—	—	—	—
12	11	0,87	—	—	0,81	—	—	0,91	—	—
	8	1,10	1,84	0,65	1,06	1,69	0,72	1,37	2,25	0,80
	5	1,47	—	—	1,56	—	—	1,99	—	—
10	9	0,9	2,25	0,908	—	—	—	—	—	—
	6	1,7			—	—	—	—	—	—
8	7	1,26	2,38	1,07	0,902	2,18	0,97	1,28	2,65	1,16
	5	1,81			1,36			1,85		

$\overset{+}{K}$

Tabella IX.

		Pot. di A = 61 Volta			Pot. di A = 31 Volta			Pot. di A = 121 Volta		
x_2	x_1	T	C	G	T	C	G	T	C	G
20	19	0,44	—	—	0,433	—	—	0,59	—	—
	16	0,58	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	—	1,26	0,43	—	1,03	0,40	0,91	1,18	0,46
	10	0,83	—	—	0,80	—	—	—	—	—
	6	1,01	—	—	0,96	—	—	1,28	—	—
16	15	0,74	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	1,33	1,54	0,55	—	—	—	—	—	—
	5	1,50	—	—	—	—	—	—	—	—
12	11	1,85	—	—	0,76	—	—	0,86	—	—
	8	1,08	1,80	0,60	0,98	1,66	0,69	1,28	1,99	0,73
	5	1,44	—	—	1,50	—	—	1,82	—	—
10	9	0,85	2,10	0,90	—	—	—	—	—	—
	6	1,63			—	—	—	—	—	—
8	7	1,24	2,30	1,01	0,88	2,06	0,90	1,11	2,58	1,10
	5	1,81			1,28			1,61		

§ VI.

Considerazioni sui risultati e sui metodi.

1. Dai dati riferentisi alle misure di i e di V, si deduce come le anomalie riscontrate dal Gianfranceschi non pare sussistano, e che nel suo caso molto probabilmente potevano essere provocate da qualche causa di errore nella disposizione sperimentale; cause di errore che però nemmeno i miei tentativi descritti hanno potuto suggerire.

I risultati del Child quindi non possono essere sospetti di inesattezza derivanti da quelle. Inoltre il metodo di Gianfranceschi può essere esteso anche alle piccole distanze.

2. L'accordo invero sorprendente che si rileva nei risultati per la K, tenuto conto del significato un po' diverso che questa assume nei tre metodi, sta a dire che quando le esperienze siano condotte colla cura dovuta, le cause di errore e le difficoltà inerenti a ciascun metodo arrecano un pregiudizio molto relativo, e che quindi tutti e tre si prestano egregiamente per la determinazione di K.

Per riconoscere però un tale accordo è necessario confrontare i risultati C e G rispettivamente con quelli T per $(x_2 - x_1)$ massimo e minimo. I valori relativi ai due metodi C e G si devono anzi considerare come i valori limiti a cui si può giungere applicando il metodo di Thomson per $(x_2 - x_1)$ variabile.

3. Poichè dai 20 ai 6 cm. circa dalla fiamma la variazione della temperatura non superava i 30 gradi, questa non poteva avere influenza sensibile sui risultati ottenuti col metodo di Gianfranceschi e tanto meno con quelli ricavati col metodo del Thomson. Altrettanto però non è lecito asserire riguardo ai valori ottenuti coll'altro metodo, secondo il quale le x_2 delle tabelle VIII e IX comprendono tutto il tratto che va dai 6 cm. dalla fiamma fino alla fiamma stessa, nel quale la temperatura media è assai elevata. Si deve anzi ritenere che gli elevati valori di K ricavati con questo metodo, e specialmente quelli relativi ai valori piccoli di x_2 oltre che alla ragione suesposta debbansi, in parte, anche ai diversi valori della temperatura.

4. Riportando su di un sistema di assi coordinati, in cui le ascisse rappresentino le distanze dalla fiamma, i risultati C e G esposti nelle tabelle VIII e IX, assieme a quelli che per brevità non ho riportato, si rileva come l'andamento con cui la K cresce col diminuire delle distanze, abbia un andamento un po' diverso a seconda del metodo.

L'andamento di K sia positiva che negativa relativo al metodo del Child, sarebbe rappresentabile ancorchè grossolanamente mediante tre linee rette A′ B′ C′ (fig. 7) all'incirca parallele fra loro, e ciascuna relativa a un diverso valore del campo; mentre l'andamento di K relativo al metodo di Gianfranceschi sarebbe rappresentabile piuttosto con tre curve A B C, le quali mostrano la concavità in alto.

Più degno di nota però appare il fatto che, mentre le A B C sono ben distinte e piuttosto distanti fra loro, le A′ B′ C′ sono molto più addossate l'una all'altra.

Questo starebbe a significare che, mentre col metodo di Child il campo ha una certa influenza sulla K, come in certi casi e senza rendersene ragione constatò anche il Child stesso, col metodo di Gianfranceschi il campo ha una influenza assai più lieve.

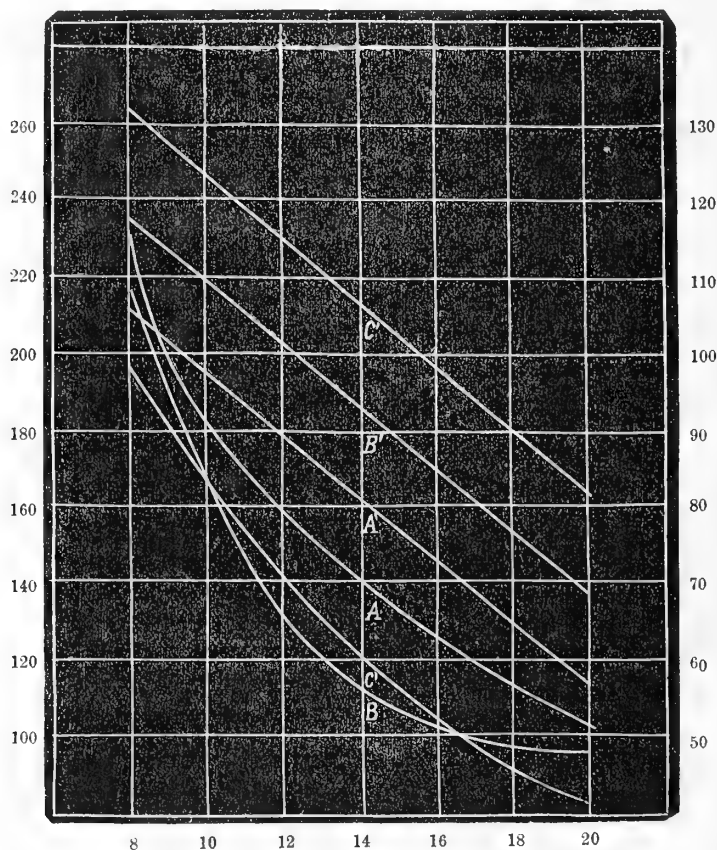



Fig. 7.

Se ci può essere lecito spiegare questa lieve influenza nel metodo di Gianfranceschi colla stessa ragione che si era addotta per giustificare le variazioni di K colla distanza (vale a dire col fatto che quanto più è lungo il tempo durante il quale gli ioni rimangono sospesi nell'aria, tanto minore per il loro aumento di massa ne diventa la velocità effettiva) ciò non apparirebbe sufficiente, per giustificare le variazioni maggiori della K col metodo del Child, per le quali diventerebbe come necessaria l'ipotesi di un'altra causa di errore.

Mi riserbo di trattenermi sopra tale questione quando avrò occasione di riferire su altre esperienze che ho in corso a proposito della emissione di ioni per parte delle fiamme.

Aggiungo invece che, oltre alla causa sopra accennata circa l'aumento di K col campo, un'altra se ne deve notare per quanto la sua importanza possa essere lieve, la quale riguarda tutti e tre i metodi.

Essa è dovuta alle variazioni nella differenza del potenziale che nascono tra fiamma e piatto collettore nel periodo di tempo necessario, perchè il collettore assuma quel potenziale, da cui si deduce la misura della intensità di corrente. Queste diminuzioni nella differenza del potenziale, che sono le medesime per ogni campo, hanno indubbiamente una influenza maggiore sui campi deboli che non sui campi più intensi; e tale influenza agisce evidentemente sulla velocità effettiva degli ioni proprio in conformità alle accennate variazioni di K. Vi sarebbe dunque una ragione di più per concludere col Child che nessuna delle formule per la determinazione di K è veramente esatta.

5. Riguardo ai valori che si ottengono facendo il rapporto fra le K negative e positive raccolte nelle precedenti tabelle, ed anche fra quelli che per brevità non ho riportato, non è possibile dedurre nessuna legge di variazione nè per effetto della distanza, nè del campo. Il rapporto fra le K oscilla in generale fra un massimo corrispondente a 1,42 ad un minimo di 1,06.

6. Se si congiungono insieme i punti corrispondenti ai valori delle forze e delle densità misurati sul piatto B, si otterrebbero, secondo i dati di Gianfranceschi due curve con una leggera concavità in basso. Secondo i dati miei invece, i quali abbracciano anche un intervallo maggiore, si hanno, come si vede pure dalle fig. 5 e 6, due curve colla concavità in alto. Ciò credo debba apparire assai più logico di quanto non si dedurrebbe dai dati di Gianfranceschi.

7. Una causa di errore che il Gianfranceschi, come vedemmo, nota sussistere nei metodi del Thomson e del Child è dovuta a ciò, che in quelli viene supposta omogenea la distribuzione degli ioni tra fiamma e piatto collettore, mentre dalle curve della fig. 6 questa risulta assai complicata. Invece, sempre secondo il Gianfranceschi, col suo metodo viene girata la difficoltà che insorge dalla complicata distribuzione degli ioni, perchè si risparmia di tenerne conto, non entrando nella sua formula che gli elementi $\frac{dV}{dx}$ e $\frac{d\chi}{dx}$ misurati sul piatto collettore.

Tale conclusione però a mio modo di vedere non è esatta, perchè i valori di $\frac{dV}{dx}$ e di $\frac{d\chi}{dx}$, ancorchè misurati sul piatto, sono dedotti dall'andamento delle curve dei potenziali e delle forze, le quali sono tutt'altro che indipendenti dalla suddetta distribuzione.

Se la causa di errore viene con questo metodo eliminata, non è già dunque perchè si possa fare a meno di tenerne conto, bensì perchè se ne tiene in certo modo il dovuto conto.

Se poi l'appunto si può muovere a questo riguardo al metodo del Child, non è sempre lecito farlo pel metodo di Thomson.

Infatti, se con questo metodo restringiamo l'intervallo $(x_2 - x_1)$ all'ultimo centimetro, non è più il caso di pensare alla influenza della non omogenea distribuzione degli ioni in quell'intervallo.

Che se ciò non ostante questa fosse pur tale da avere influenza sensibile sul valore di K, non andrebbe esente nemmeno il valore di K ricavata col metodo di Gianfranceschi, in cui si conviene di applicare non già i valori di χ e di $\frac{d\chi}{dx}$ misurati sul piatto, ma la media di quelli relativi all'ultimo centimetro.

Ringrazio vivamente il prof. Pochettino per l'aiuto di consigli e di mezzi.

Dall'Istituto tecnico di Sassari.

RELAZIONE

dei Soci E. Paternò e R. Nasini, relatore, letta nella seduta del 5 marzo 1911, sulla Memoria dei signori N. Parravano e G. Sirovich, intitolata: *I fenomeni di cristallizzazione nei sistemi ternarî. — I. Miscele ternarie isomorfe con una lacuna di miscibilità.*

Gli autori hanno intrapreso lo studio teorico completo dei fenomeni di cristallizzazione dei sistemi ternarî, quando compaiono lacune di miscibilità allo stato solido e allo stato liquido, ed in questa Memoria, alla quale altre dovranno far seguito, essi si occupano del primo tipo di miscele ternarie isomorfe con una sola lacuna di miscibilità allo stato solido, del tipo cioè che si presenta quando le curve di fusione dei sistemi binarî limiti non presentano nè massimi nè minimi. Lo svolgimento ulteriore del tema sarà oggetto di successive Memorie.

Prendendo a considerare la forma che in questo caso assumono le superficie ζ per i miscugli liquidi ed i miscugli solidi, deducono dall'incontro di queste due superficie la comparsa, a una data temperatura, di un triangolo di tre fasi, i cui vertici rappresentano i due solidi ed il liquido in equilibrio. Variando la temperatura questo triangolo varia di forma e di posizione e finisce in ultimo con lo scomparire perchè la supposizione che si fa è che la lacuna non interessi i sistemi binarî limiti comprendenti il ternario.

Dalle posizioni diverse che assume il triangolo delle tre fasi, ed in special modo dal cammino percorso dal vertice di liquido, gli autori hanno dedotto i fenomeni di cristallizzazione delle miscele ternarie, sia per il caso in cui la solidificazione avvenga a traverso a successivi stati di equilibrio fra l'intera quantità di solido e il liquido, sia per il caso in cui solo i cristalli depositatisi per ultimi sieno in equilibrio col liquido.

In ultimo riportando le temperature come ordinate sulle diverse isoterme del triangolo delle concentrazioni, gli autori hanno descritto le superficie di fusione, di solidificazione e di lacuna per questo primo tipo considerato nella Memoria.

È un lavoro molto ben condotto, che illustra in tutte le sue parti un argomento di grande interesse, e quindi la Commissione è di parere che la Memoria dei signori Parravano e Sirovich, corredata di molte figure che illustrano le diverse forme di superficie rappresentanti i fenomeni, possa venire pubblicata integralmente negli Atti accademici.

I fenomeni di cristallizzazione nei sistemi ternarî.
I. Miscele ternarie isomorfe con una lacuna di miscibilità.

Memoria di N. PARRAVANO e G. SIROVICH

Schreinemakers [1] ha studiato i sistemi ternarî con cristalli misti binarî, ed i sistemi ternarî con miscibilità completa allo stato solido; perciò manca ancora la trattazione generale dei sistemi ternarî con lacuna di miscibilità allo stato solido e allo stato liquido.

Ostwald nel suo Trattato di chimica generale [2], ha discusso alcuni equilibrî fra solidi e liquidi non miscibili, ma poco si è occupato dei fenomeni di cristallizzazione nei casi di parziale miscibilità. Jänecke [3] recentemente ha trattato casi limiti nei quali i sistemi binarî che costituiscono il ternario presentano lacune di miscibilità solide e liquide che si estendono nel ternario. Però la trattazione di Jänecke, anche limitata ai casi speciali da lui considerati, presenta varî difetti: anzitutto l'autore afferma senza dimostrare, e questo toglie proprietà all'esposizione, e in secondo luogo le sue considerazioni presentano lacune ed inesattezze specie per quel che riguarda i fenomeni della cristallizzazione, come ci se ne potrà avvedere leggendo quanto andremo ad esporre.

Per questo noi abbiamo intrapreso lo studio teorico generale dell'andamento della solidificazione nei sistemi ternarî isomorfi quando compaiono lacune di miscibilità sia allo stato solido che allo stato liquido.

In questa prima Memoria ci occupiamo del primo tipo possibile di sistemi ternarî isomorfi con una lacuna di miscibilità allo stato solido. In Memorie successive verremo sviluppando tutto il vasto e complesso tema che ci siamo proposto.

Prendiamo a considerare sopra il triangolo delle concentrazioni due superficie ζ, [4] una che dà i valori di ζ per tutti i miscugli allo stato liquido e un'altra per tutti i miscugli allo stato solido: la prima l'indicheremo con ζ_l, e la seconda con ζ_s.

Quando non si presentano lacune di miscibilità, le superficie ζ sono in ogni punto concave, e volgono la concavità costantemente verso l'alto; col variare della temperatura esse modificano la loro forma e la loro posizione, mantenendosi però sempre concave. Siccome la fusione avviene con assorbimento di calore, l'entropia del li-

(1) Z. Phys. Ch. *50* 169 (1905); id., *51* 547 (1905); id., *52* 513 (1905).
(2) Volume II, 2.
(3) Z. Phys. Ch., *67* 641 (1909); Metallurgie, *7* 510 (1910).
(4) Van Rijn van Alkemade, Zeit. Phys. Ch. *11* 289 (1893); Roozeboom,, id., *12* 359 (1893).

quido η_l è maggiore di quella del solido η_s, e quindi col crescere della temperatura, dovendo essere soddisfatte le relazioni [1]

$$\frac{\partial\zeta_s}{\partial t} = -\eta_s \quad \text{e} \quad \frac{\partial\zeta_l}{\partial t} = -\eta_l$$

le due superficie si abbassano, ma ogni punto della superficie ζ_l si abbassa più del corrispondente della superficie ζ_s, in maniera che in definitiva tutta la superficie ζ_l si viene a trovare al di sotto della ζ_s. In queste condizioni non sono possibili in equilibrio stabile altro che miscugli liquidi. Se invece si abbassa la temperatura, le due superficie si spostano fino a che in un certo punto la superficie ζ_s viene a trovarsi completamente al di sotto della ζ_l, e allora non sono più possibili in equilibrio stabile altro che miscugli solidi.

Fra queste temperature estreme le due superficie si tagliano scambievolmente, e allora in un dato campo occupa la posizione più alta la superficie ζ_l, mentre in un altro la superficie ζ_s; le due superficie ammettono così una serie di piani tangenti comuni, i quali toccano la superficie ζ_l lungo tutta una linea (linea di liquido), e la superficie ζ_s lungo un'altra linea (linea di solido). La zona compresa fra queste due linee è la zona dei miscugli eterogenei: ogni miscuglio entro di essa si scinde in un liquido e un solido.

Questa zona dei miscugli eterogenei che può eventualmente essere costituita di più parti, può considerarsi generata da un piano che, mantenendosi costantemente tangente alle due superficie ζ, ruota inviluppando una superficie rigata le cui direttrici sono la linea di liquido e la linea di solido. Le proiezioni delle generatrici sul triangolo delle concentrazioni determinano con le intersezioni delle proiezioni delle linee di liquido e di solido le composizioni dei solidi e dei liquidi in equilibrio. Tali intersezioni si dicono punti coniugati, e la retta che le determina si chiama retta di coniugazione.

Nella fig. 1 [2] sono disegnate le due superficie ζ_l e ζ_s incrociantisi; essa vale per una temperatura superiore a quella di fusione di C e inferiore a quella di fusione di A e di B. Nella zona AB*da* la posizione più bassa è occupata dalla superficie ζ_s, e quindi i miscugli di questo campo a quella temperatura esistono stabilmente solo allo stato solido; nella zona C*bc* la posizione più bassa è occupata dalla superficie ζ_l e i miscugli del campo C*bc* esistono solo allo stato liquido; infine nella zona *abcd* la posizione più bassa è occupata dalla superficie rigata generata dal piano che si muove mantenendosi tangente alle due superficie ζ, e perciò un miscuglio r compreso in questo campo si scinde nel liquido p e nel cristallo misto q, dati l'uno

[1] Schreinemakers, Z. Phys. Ch., *50.* 171 (1905).

[2] Chiameremo sempre con lettere con apici i punti nello spazio, e con lettere senza apici le proiezioni di questi punti sul triangolo delle concentrazioni. Le curve di intersezione delle superficie ζ_l e ζ_s con i piani ζAB, ζAC, ζBC, le chiameremo rispettivamente ξ_l(AB), ζ_s(AB), ζ_l(AC), ζ_s(AC), e ζ_l(BC), ζ_s(BC). La proiezione della linea di liquido sul triangolo delle concentrazioni la segneremo sempre continua, e la proiezione della linea di solido sempre tratteggiata. Ammetteremo sempre che C abbia il punto di fusione più basso, B più alto, e A intermedio fra i due.

e l'altro dalla intersezione della proiezione delle linee di liquido $b'c'$ e di solido $a'd'$ con la generatrice passante per r.

Le proiezioni delle linee di liquido e di solido sul triangolo delle concentrazioni in seguito le chiameremo senz'altro linea di liquido e linea di solido, quando ciò non possa generare equivoco.

Vediamo ora quel che succede quando si presenta una lacuna di miscibilità allo stato solido.

Per fare il caso più generale supponiamo che la lacuna non si estenda fino a toccare i lati del prisma concentrazione-potenziale; vedremo poi quando questo non

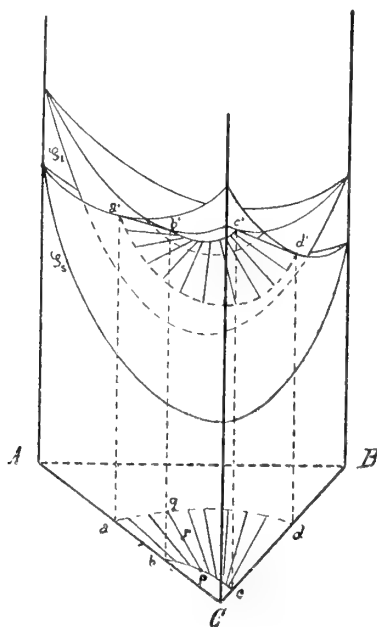



Fig. 1

è, ossia quando la lacuna raggiunge i lati, come si modificano le considerazioni che stiamo per fare.

Quando i tre componenti non sono miscibili in tutti i rapporti allo stato solido, la superficie ζ_s non si presenta costantemente concava; allora, fra i piani inviluppanti tale superficie, ne esistono di quelli che non toccano la superficie in un sol punto, ma che, pur sempre mantenendosi al di sotto di essa, la toccano in due punti (punti coniugati). Se si congiungono questi punti, si ottiene una superficie rigata che tocca la ζ_s lungo una linea, detta da Schreinemakers linea binodale, e che nel nostro caso è una linea chiusa determinante il campo in cui i tre componenti non sono miscibili. Questa superficie la possiamo al solito considerare generata da un piano che si muove sempre toccando la superficie ζ_s in due punti, i quali vanno via via descrivendo la linea binoidale.

Dovendo tale linea essere chiusa, perchè noi ammettiamo che la lacuna di miscibilità non interessi i sistemi binarî, col ruotare del piano i punti coniugati debbono

andare a mano a mano avvicinandosi sia da una parte, sia dall'altra, a seconda che il piano ruota in un senso o in senso inverso, e ciò fino a coincidere in due punti distinti che diremo punti limiti. Questi dividono la linea binodale in due parti le quali, con le rispettive intersezioni delle generatrici, dànno i punti fra loro coniugati. Nella fig. 2 è segnata la superficie ζ_s nell'ipotesi che i tre componenti ammettano una lacuna di miscibilità: la linea binodale è la linea $k' h'$, e la sua proiezione sul triangolo della concentrazione (che quando non è possibile equivoco chiameremo pure linea binodale) determina il campo in cui si presenta la lacuna. Un miscuglio di composizione v si scinde a quella temperatura nel cristallo misto p e nel suo coniugato q. I punti k e h dànno le composizioni dei cristalli misti limiti.

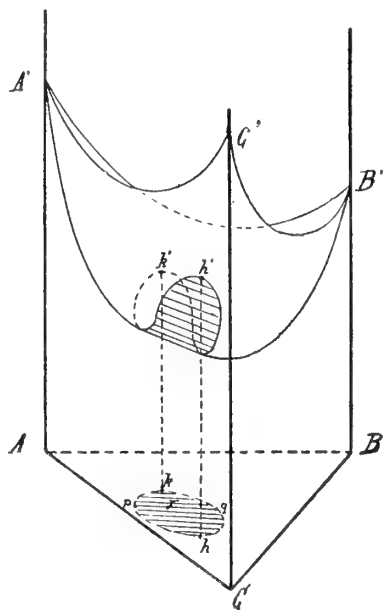



Fig 2

La superficie rigata che limita al di sotto la lacuna di miscibilità è inviluppata dagli stessi piani che inviluppano la ζ_s lungo la lacuna stessa; perciò, nella zona di non miscibilità, il considerare i piani tangenti all'una equivale a considerare i piani tangenti all'altra.

Per quel che diremo in seguito, dobbiamo prendere a considerare una superficie costituita dalla superficie rigata suddetta — intendendo estese le generatrici fino alle faccie delimitanti il prisma concentrazione-potenziale — e dai piani — che diremo piani limiti — tangenti nei punti k e h e che naturalmente ad essa si raccordano. Tale superficie, che chiameremo binodale, giace costantemente e tutta al di sotto della ζ_s, e col variare della temperatura modifica la sua posizione e la sua forma in relazione alla posizione e alla forma che assume la ζ_s.

Perchè la nostra trattazione riesca il più che possibile ordinata e completa, stabiliamo anche noi, come ha fatto Schreinemakers per il caso in cui non si presentano lacune di miscibilità, una divisione fondata sui diversi tipi che possono presentarsi nei tre sistemi binarî componenti il ternario preso a considerare.

In ogni sistema binario possono presentarsi tre casi:

1) i punti di solidificazione di tutti i miscugli si trovano fra i punti di solidificazione dei componenti;

2) la curva continua di solidificazione presenta un massimo;

3) la curva continua di solidificazione presenta un minimo.

van Laar ([1]) ritiene poco probabile la comparsa di un massimo sulla curva di fusione di un sistema binario con completa miscibilità allo stato solido; però siccome lo stesso van Laar non lo esclude in modo assoluto, e, ancora più, Schreinemakers lo prende in considerazione nella discussione dei sistemi ternari con miscibilità completa, noi seguiremo quest'ultimo e includeremo anche il massimo nella nostra trattazione. D'altra parte sembra non sia assolutamente vero che manchino esempî di massimi verificati sperimentalmente: Adriani ([2]) già da tempo ha constatata la presenza del massimo nel diagramma di stato di d. e l. carvossima, e recentemente von Hevesy ([3]) ne ha trovati due nel diagramma di fusione di KOH + RbOH. Noi perciò nella nostra discussione, che vuol essere generale e completa, ammetteremo anche questa possibilità: solo non daremo ai casi di massimo lo sviluppo che daremo ai casi di minimo, in maniera che, se anche in seguito si venisse ad escludere il massimo, ben poco ci sarebbe da togliere a quel che verremo ad esporre.

Combinando quindi assieme i tre casi sopra indicati si ottengono varî tipi. Chiamando ognuno di questi con i numeri indicanti i casi a cui appartengono i sistemi binarî, si hanno i tipi seguenti:

tipo 1, 1, 1; tipo 1, 1, 2; tipo 1, 1, 3; tipo 1, 3, 3; tipo 1, 2, 2; tipo 1, 2, 3; tipo 3, 3, 3; tipo 2, 2, 2; tipo 2, 3, 3; tipo 2, 2, 3.

Tipo 1-1-1.

Partiamo da una temperatura tanto bassa che non siano possibili altro che miscugli solidi; la superficie ζ_s giace allora completamente al di sotto della ζ_l. In questo caso si posssono avere due equilibri di diversa specie: un miscuglio x non compreso nel campo della lacuna (fig. 3) può sussistere omogeneo alla stato solido, mentre il miscuglio y si scinde in due: p e q.

Elevandosi la temperatura la lacuna può andare restringendosi fino a scomparire in un punto, e la temperatura a cui questo avviene dicesi temperatura critica.

In questo caso si avrebbe un punto critico superiore. Può allora avvenire che prima che la superficie ζ_l abbia toccata la ζ_s la lacuna di miscibilità sia di già scomparsa, e così evidentemente si ricade nei casi trattati da Schreinemakers. Si può

([1]) I lavori di van Laar a cui ci eiferiamo comparvero fra il 1903 e il 1904 in Versl. K. Aked. v. Wet. Amsterdam. e in seguito sono stati pubblicati dall'autore sulla Zeit. f. Phys. Ch. La questione del massimo è fatta nel volume *63*, 236 (1908), e, a proposito di una critica ad un lavoro di Eggink, nel volume *64*, 272 (1908).

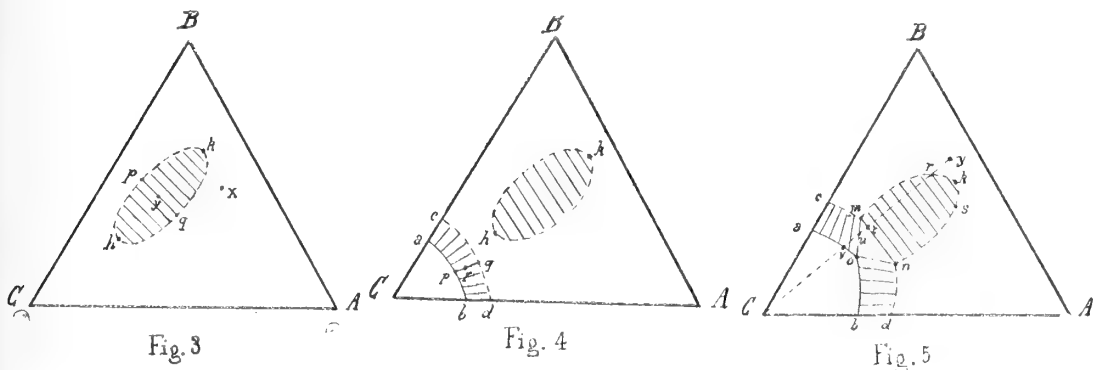
([2]) Zeit. f. Phys. Ch. *33*, 453 (1900).

([3]) Zeit. f. Phys. Ch. *73*, 667 (1910).

anche ricadere in questi quando, pur essendo passata al di sotto in una certa zona la superficie ζ_l, ed essendo già comparsa la linea di solido, la linea binodale si dilegua prima che la linea di solido la raggiunga.

Ma la lacuna può presentare anche un punto critico inferiore. Pure allora si può ricadere nei casi di Schreinemakers quando la lacuna compare allorchè tutta la superficie ζ_l è già passata al di sotto della ζ_s, e quando la lacuna compare allorchè non tutta la superficie ζ_l è passata al di sotto della ζ_s, ma essa si presenta nel campo ove non possono sussistere stabilmente solo dei solidi.

Noi perciò ammettiamo che la lacuna esista prima che la ζ_l tocchi la ζ_s, e ammettiamo che essa si conservi finchè tutta la ζ_l sia passata al di sotto della ζ_s. Vedremo in seguito come si modifichino le conclusioni a cui giungeremo quando la

Fig. 3 Fig. 4 Fig. 5

linea binodale si riduca ad un punto corrispondente ad un punto critico superiore o ad un punto critico inferiore.

Innalzando la temperatura, la superficie ζ_l si va avvicinando alla ζ_s finchè al punto di fusione di C la tocca ivi: con ulteriore innalzamento le due superficie si intersecheranno, sicchè sarà possibile individuare la linea di solido e quella di liquido descritte dalla superficie di regola ottenuta tirando i piani tangenti comuni alle due superficie.

Nel triangolo delle concentrazioni (fig. 4), potremo distinguere quattro campi: quello di liquido che attornia C e si estende fino alla linea di liquido *ab*; quello dei miscugli eterogenei che si estende fra la linea di liquido *ab* e quella di solido *cd*; il campo di solido limitato dai lati CB, BA, AC e dalla linea di solido; in mezzo a quest'ultimo infine si trova il campo della lacuna di miscibilità delimitato dalla linea binodale.

Seguitando a far crescere la temperatura, giunge un momento in cui la superficie ζ_l tocca la superficie binodale. Tale primo contatto può avvenire o su di un piano limite o sulla parte rigata di questa superficie. Nel momento in cui tale contatto avviene la linea di solido, che con l'elevarsi della temperatura si va allontanando da C ed avvicinando alla linea binodale, va a toccare questa, e la tocca o in uno dei punti limite — se il primo contatto della ζ_l con la superficie binodale avviene in uno dei piani

limiti —, oppure in un altro punto, e questo si troverà su quella generatrice della superficie di lacuna che è toccata dalla ζ_l, se il primo contatto avviene sulla parte rigata.

Supponiamo per ora che il primo contatto avvenga sul piano limite passante per h (fig. 4); da questo momento in poi, con ulteriore innalzamento della temperatura, la superficie ζ_l passerà sotto la superficie binodale e quindi sarà possibile tirare un piano di comune tangenza alle due superficie. Essendo la superficie binodale una superficie rigata, tale piano la tocca lungo tutta una generatrice. Questa generatrice taglia la linea binodale in corrrispondenza delle composizioni dei cristalli misti in equilibrio col liquido determinato dal punto di contatto del detto piano con la superficie ζ_l. Nel triangolo delle concentrazioni dovremo perciò distinguere diversi equilibrî (fig. 5): nel campo $C a o b$ sono possibili solo miscugli liquidi; nei campi $a c m o$ ed $o n d b$ si hanno miscugli eterogenei composti di un solido e di un liquido appartenenti rispettivamente alla linea di solido — che in questo caso si compone dei due rami cm ed nd — ed alla linea di liquido $a o b$: nel campo $o m n$ i miscugli compresivi si scindono in un liquido o e nei due cristalli misti coniugati m ed n; nel campo $m n k$ sono solo possibili cristalli misti di composizione data dai punti coniugati della linea binodale, e nel campo c B A $dn\,km$ ogni miscuglio può solo sussistere allo stato solido.

Dunque in questo caso la superficie di regola formata dai piani tangenti comuni alla ζ_l e alla ζ_s si scinde in due falde raccordate dal piano tangente ad ognuna di queste $o'm'n'$. Tale piano, tangente pure alla superficie binodale, trovandosi ad occupare una posizione che rimane al di sotto, sia della superficie ζ_l, sia della superficie binodale, rappresenta equilibrî stabili, e, insieme con le rette di contatto della superficie di regola e della superficie binodale individua il triangolo $o m n$. Questo triangolo lo chiameremo con Schreinemakers il triangolo delle tre fasi.

Via via che la temperatura si innalza, i punti m' ed n' vanno muovendosi verso k', e lo raggiungono nel momento in cui la superficie ζ_l tocca il piano limite passante per k'. Da questo momento in poi la trattazione non differisce da quella fatta da Schreinemakers nel primo caso da lui preso a trattare.

Riprendiamo a considerare la temperatura a cui vale la figura 5, e fermiamoci ad esaminare un po' più da vicino i fenomeni che avvengono quando ad un miscuglio dato si aggiunga uno dei componenti.

Prendiamo per esempio in esame il miscuglio y, ed aggiungendo ad esso quantità crescenti di C modifichiamone la composizione descrivendo la retta yC. Alla temperatura a cui vale la figura esso è omogeneo e solido. Giunto in r si scinde in due cristalli misti ben distinti: uno che con l'ulteriore aggiunta di C descrive il ramo rm della linea binodale, l'altro che descrive il ramo sn, essendo s il punto coniugato di r. Pervenuta la composizione in t possono solo coesistere i due cristalli misti m ed n; se si aggiunge ancora C, essi reagiscono con questo, formando il liquido o. Quando la composizione del miscuglio è giunta in u, il cristallo misto n è scomparso del tutto. Allora una ulteriore aggiunta di C fa modificare la composizione del liquido e del cristallo misto rimasto: però il cristallo misto, oltre a mo-

dificare la composizione, va via via diminuendo di quantità, in maniera che quando la composizione totale del miscuglio è giunta in v, è presente solo il liquido.

La linea y C, pur tagliando la linea binodale, può non tagliare il triangolo delle tre fasi, ed allora da un cristallo misto omogeneo, con l'aggiunta di C, prima si ottengono due cristalli misti distinti, poi di nuovo un cristallo misto omogeneo, poi un cristallo misto in equilibrio con un liquido, ed infine un liquido.

Se invece essa non solo non attraversa il triangolo delle tre fasi, ma neanche il campo della lacuna di miscibilità, allora, da un cristallo misto omogeneo con l'aggiunta di C si passa ad un cristallo misto in equilibrio con un liquido, ed in ultimo ad un liquido.

Altre trasformazioni si può immaginare che avvengano, quando ad un miscuglio si aggiunge un altro miscuglio, e per poterle esaminare basta congiungere i due punti che rappresentano le composizioni dei miscugli con una retta, ed osservare i campi che attraversa un punto che si muove su di essa, partendo dalla composizione di uno dei miscugli e giungendo alla composizione dell'altro.

Fenomeni di solidificazione. — Prendiamo ora a considerare, cosa che più ci interessa, i fenomeni di solidificazione dei miscugli ternarî.

Per noi possono presentarsi due casi:

a) dalla massa fusa si separa un cristallo misto omogeneo;

b) dalla massa fusa si separano due cristalli ben distinti.

Distingueremo anche noi due specie di solidificazione: *la solidificazione di prima specie* che si presenta quando la velocità di trasformazione dei cristalli misti che si depositano è infinitamente piccola, e perciò il liquido si trova in equilibrio solo con i cristalli depositatisi per ultimi; *la solidificazione di seconda specie* che si presenta quando i cristalli misti depositatisi hanno una velocità di trasformazione infinitamente grande, e quindi cambiano continuamente di composizione col variare della temperatura.

In pratica la solidificazione non avviene nè nell'uno nè nell'altro modo, ma si mantiene tra l'uno e l'altro, avvicinandosi di più al primo se essa avviene per raffreddamento molto rapido, oppure al secondo se avviene per raffreddamento molto lento. Altre condizioni possono anche influire nell'uno o nell'altro senso.

Solidificazione di prima specie. — Se la velocità di trasformazione dei cristalli misti è infinitamente piccola, abbiamo a che fare, come abbiamo detto, con solidificazione di prima specie. Supponiamo per ora di avere un liquido da cui si separi un solo cristallo misto; evidentemente questo liquido non interessa la lacuna di miscibilità, o, per meglio dire, la composizione di esso non perviene mai a far parte del triangolo delle tre fasi: la solidificazione perciò procede come se nel sistema non esistesse lacuna.

Prendiamo, per esempio, a considerare un miscuglio rappresentato dal punto r della figura 6. Partiamo da una temperatura a cui il miscuglio è liquido: esso si mantiene tale finchè la linea di liquido non passa per il punto r, cioè, finchè la fascia eterogenea che con abbassamento di temperatura si muove da B verso C non lo abbia raggiunto. Da questo momento incomincia la solidificazione. Supponiamo che

si separi per primo un solido di composizione *s*. Abbassandosi la temperatura il liquido modifica la sua composizione mantenendosi sulla linea B*r*C ([1]) e muovendosi nel senso delle freccie, nel mentre che i solidi separantisi si trovano sempre sui punti coniugati della linea di solido corrispondenti ai punti che va successivamente occupando la composizione del liquido. La tangente in ogni punto al cammino di solidificazione è la retta di coniugazione che dà la composizione del solido in equilibrio col liquido rappresentato dal punto considerato. Così, per esempio, la tangente al cammino B*r*C nel punto *r* è la retta *rs*. Un altro liquido ternario qualsiasi che si trova sulla linea B*r*C la percorrerà anche esso fino a C, che è il componente a punto di solidificazione più basso.

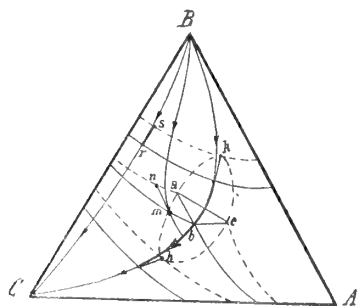



Fig. 6

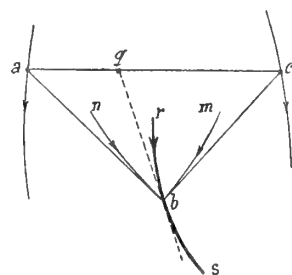



Fig. 7

Tutti i miscugli perciò che non pervengono mai a far parte del triangolo delle tre fasi hanno i loro cammini di solidificazione su curve che partenti dal componente a punto di solidificazione più alto giungono a quello a punto di solidificazione più basso. Queste curve, nel nostro caso, formano due fasci distinti, fra i quali sono contenuti i cammini di solidificazione di quei liquidi che arrivano a far parte del triangolo di tre fasi.

Vediamo invece come si comporta il miscuglio *m*. Partiamo da una temperatura a cui esso è liquido: abbassandosi la temperatura si arriva ad un punto in cui la linea di liquido passa per esso, e comincia la solidificazione. Però, per il fatto che esso trovasi nei pressi della lacuna, la linea di coniugazione *nm* ha la sua direzione quasi parallela al lato *ab* del triangolo delle tre fasi, e quindi con ulteriore abbassamento di temperatura la composizione del liquido perviene sulla linea descritta dal punto *b* di liquido di detto triangolo.

Fermiamo ora la nostra attenzione sui fenomeni che possono presentarsi quando un liquido è giunto ad avere la composizione *b*. Nella figura 7 abbiamo disegnato ingrandito il triangolo delle tre fasi senza tracciare il triangolo delle concentrazioni che lo comprende.

([1]) Vedi Schreinemakers, Z. Phys. Ch. *52* 521 (1905).

Nell'istante immediatamente precedente a quello in cui il liquido viene ad avere la composizione b, esso separa un unico solido che sta sulla linea di solido ed è dato dal punto coniugato di b, cioè il solido di composizione a. Nel miscuglio solidificantesi — lo notiamo ora perchè lo ricorderemo in seguito — di questo solido ne esiste una quantità piccolissima, precisamente quella che si separa in quell'istante, e questo perchè noi ammettiamo che la cristallizzazione avvenga con velocità di trasformazione infinitamente piccola. Col successivo decrescere della temperatura il liquido b separa ancora un solido, ma questo è costituito dalle due fasi a e c, perchè a quella temperatura non possono coesistere accanto al liquido b altro che i solidi ben distinti a e c.

Per ben comprendere i fenomeni che col successivo procedere della cristallizzazione possono verificarsi occorre qui fare alcune considerazioni. Abbiamo visto che, prendendo a studiare gli equilibrî possibili quando compare un triangolo di tre fasi, si può giungere ad avere un miscuglio t (fig. 5), il quale si scinde nei due solidi m ed n, pur restando la sua composizione complessiva quella rappresentata da t. Se chiamiamo 1 la quantità di t presente, si forma la quantità $\frac{tn}{mn}$ di m, e la quantità $\frac{tm}{mn}$ di n. Il segmento mn non è altro che la continuazione della linea di solido: però i miscugli che vi sono compresi si scindono nei due solidi m ed n. Se un miscuglio percorre la linea di solido, varia di composizione da c ad m, dove giunto incomincia a tracciare il segmento mn: diminuisce così la quantità di m e si forma sempre più n finchè in n tutto m è scomparso, e infine, con ulteriore movimento, n si va trasformando in d.

Ripigliamo ora a considerare i fenomeni di cristallizzazione. Noi sappiamo che la tangente in un punto al cammino di solidificazione è la retta di coniugazione che col suo incontro con la linea di solido dà la composizione del solido separantesi in ogni istante. A questa conclusione Schreinemakers è giunto prendendo a studiare le rette di coniugazione; questo però vale in generale, e cioè, quando un liquido nel solidificare si muove lungo una linea, la composizione del solido che in un dato istante si separa, giace sulla tangente alla linea percorsa dal liquido, condotta, questa tangente, per il punto che rappresenta la composizione del liquido stesso nell'istante considerato. Il solido può essere costituito di più fasi, ma questo nulla modifica. Per persuadersene basta pensare che il liquido, nell'istante in cui lo prendiamo in esame, si deve scindere in un solido e in un liquido, le composizioni dei quali debbono trovarsi sulla retta passante per il punto che dà la composizione del liquido considerato; ma nel caso di una infinitamente piccola variazione di temperatura, la composizione del nuovo liquido è infinitamente vicina a quella del liquido da cui esso si è generato, perchè le due composizioni appartengono a due punti successivi della stessa curva, e quindi le composizioni del solido e del liquido originatisi appartengono anche alla tangente alla curva stessa.

Ora, quando un liquido è giunto ad avere la composizione b, esso, nel solidificare, percorre la linea rbs (fig. 7), e allora, per avere la composizione del solido separantesi, si deve da b tirare la tangente ad rbs. D'altra parte questa composizione,

essendo, come abbiamo detto, la linea ac la linea di solido, deve pure trovarsi sulla retta ac, e perciò il solido avrà la composizione q, ma consterà di due fasi a e c, e precisamente della quantità $dp\,\frac{qc}{ac}$ di a, e della quantità $dp\,\frac{aq}{ac}$ di c (con dp indichiamo la quantità infinitesima di q in peso che si separa). Col procedere della solidificazione si compie quindi in ogni istante la reazione:

$$\text{liquido } b = \text{cristallo } a + \text{cristallo } c\,.$$

Se dunque la tangente alla linea percorsa dal liquido b si mantiene costantemente compresa fra le composizioni dei solidi separantisi a e c, il liquido che durante la solidificazione è pervenuto sulla linea descritta da b la percorre con conti-

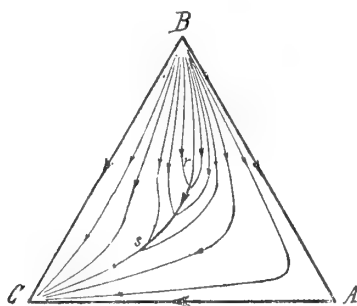



Fig. 8

nuità finchè i due solidi a e c non vengono a coincidere in h (fig. 6), punto limite della linea binodale. Da questo punto in poi la solidificazione non differisce da quella descritta per il caso in cui non vi è lacuna di miscibilità.

Riassumendo adunque si ha che dal punto B parte un fascio di linee di cristallizzazione le quali si dividono in tre gruppi, il primo che da B va direttamente a C, il secondo che da B si porta sulla linea percorsa da b, il terzo che da B va di nuovo direttamente a C. Una sola linea del secondo gruppo segue il suo cammino come se la lacuna di miscibilità non esistesse, ed è la linea percorsa da tutti i miscugli che dànno un solido di composizione k (fig. 6). Questi miscugli a partire da k percorrono la linea descritta da b, dando successivamente tutti i cristalli appartenenti alla lacuna, finchè i solidi che si separano tornano in h ad essere omogenei. In seguito il cammino procede verso C come per tutte le altre linee.

Se segniamo nel triangolo delle concentrazioni i cammini descritti, otteniamo una figura simile alla fig. 8, ove le freccie indicano il senso in cui la temperatura va abbassandosi durante la solidificazione.

I cammini di solidificazione possono però presentarsi ben diversi da quelli ora descritti. Non parliamo, si comprende, dei cammini di quei liquidi che non arrivano mai sul triangolo delle tre fasi, perchè per questi l'andamento della solidificazione oramai lo conosciamo, ma sempre invece dei cammini di quei liquidi che arrivano su detto triangolo.

Finora abbiamo fatta l' ipotesi che la tangente alla curva percorsa dal punto di liquido *b* si mantenga costantemente compresa fra *a* e *c;* può però presentarsi anche il caso della fig. 9, dove il punto *q* cade fuori del segmento *ac*. Le relazioni descritte valgono pure per questo caso; solo bisogna intendersi sul valore di esse. Dal liquido *b* deve separarsi un solido di composizione *q*, ma siccome la sua composizione deve trovarsi sulla retta *ac* ove i solidi si scindono nelle due fasi *a* e *c*, vuol dire che esso si dividerà in queste due fasi.

Le quantità di *a* e di *c* che si formano ci sono date anche questa volta dalle relazioni $dp\frac{qc}{ac}$ per *a*, e $dp\frac{aq}{ac}$ per *c*. Il coefficiente di quest'ultima quantità è maggiore di uno, e questo implica che il coefficiente della prima sia negativo. cosa che del resto è confermata dal senso in cui viene preso il segmento *qc*. Questo vuol dire

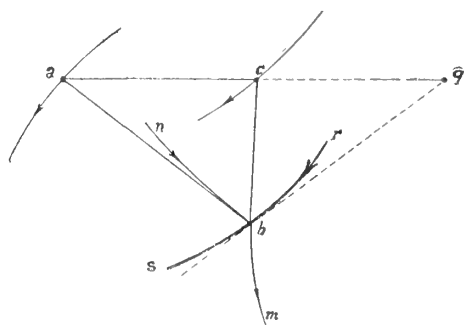



Fig. 9

che dal liquido non si separano due solidi *a* e *c*, ma che il solido *c* si forma a spese del solido *a*. La reazione quindi decorre in questo senso:

$$\text{liquido } b + \text{cristallo } a = \text{cristallo } c.$$

Essa non differisce dalla prima scritta altro che per le quantità dei corpi che si separano: prima la quantità di *a* era positiva ora è negativa.

Ritornando dunque all'andamento della solidificazione si vede che quando un liquido è giunto ad avere la composizione *b*, con l'abbassarsi della temperatura esso viene a separare come prima un nuovo solido *c;* però la quantità che di questo si forma è tale che, dovendo in complesso le fasi solide separantisi avere la composizione *q*, deve scomparire del solido *a*.

Ora nella cristallizzazione di prima specie la quantità di solido *a* presente quando il liquido viene ad avere la composizione *b* è, come abbiamo detto, infinitamente piccola, e quindi nell'istante immediatamente successivo a quello in cui *a* si è formato, esso scompare per dar luogo a *c*. Da allora in poi, siccome nel liquido non è più presente solido *a*, la solidificazione procede separando una sola fase solida, e il liquido si allontana da *b* nella direzione *cb*.

Un liquido dunque che nella solidificazione percorre la linea *ab*, perviene sulla linea seguìta dal punto *b* con un angolo *abq*, ed appena toccatala se ne allontana

con un angolo *cbq* percorrendo la linea *bm*. Quando i punti *a* e *c* vanno a coincidere nel punto limite della linea binodale, il cammino di *b* termina, e un liquido giunto su di esso con un certo angolo se ne allontana con lo stesso angolo.

Il gruppo di cammini di solidificazione che si portano sulla linea percorsa dal punto *b* si presenta come in fig. 10: essi partono da B, giungono su questa linea e se ne allontanano con un angolo sempre minore. Questo gruppo al solito è compreso fra altri due i quali vanno direttamente da B a C.

Tutto questo naturalmente nell' ipotesi che la tangente alla linea descritta dal punto *b* (fig. 9) rimanga costantemente a lato di *c*, e non venga mai ad occupare una posizione tra *a* e *c*. Può darsi però il caso che la detta tangente si trovi prima a lato di *c*, indi venga compresa fra *c* ed *a*, ed infine che si ponga a lato di *a*. Questo caso non differisce sostanzialmente dai precedenti, anzi è un caso più generale e quelli trattati non ne sono che dei casi particolari. Lo studio di esso è così

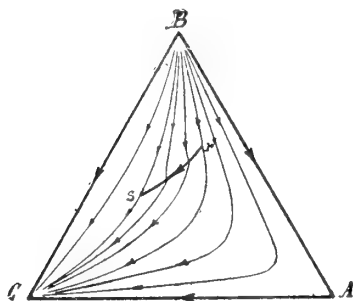



Fig. 10

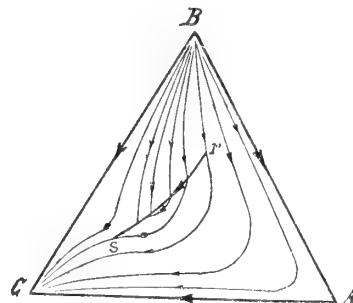



Fig. 11

semplice che ci limtiamo ad indicare i cammini di solidificazione nella fig. 11 senza fermarci ulteriormente a discuterlo.

Solidificazione di seconda specie. — Vediamo ora come procede la solidificazione se la velocità di trasformazione nei cristalli depositati è infinitamente grande, e cominciamo, al solito, a parlare di quei miscugli che non interessano mai il triangolo delle tre fasi. La cristallizzazione di questi miscugli è stata già studiata da Schreinemakers; noi qui ne riproduciamo brevemente l'andamento per essere completi nella nostra esposizione.

Supponiamo che il punto *l* della fig. 12 ci rappresenti la composizione del miscuglio preso in esame. Esso si manterrà liquido finchè non verrà toccato dalla linea di liquido che con abbassamento di temperatura gli si va avvicinando. Appena avvenuto tale contatto comincerà a separarsi il solido *s*, la composizione del quale è data dal punto coniugato di *l* appartenente alla linea di solido corrispondente. Abbassandosi la temperatura, il punto *l* viene a trovarsi entro la zona eterogenea, sicchè il miscuglio deve constare di una parte liquida e di una solida, le composizioni delle quali son date rispettivamente da *l'* ed *s'*, se *l' s'* è la retta di coniugazione passante per *l*, ed *l'* ed *s'* sono i punti di intersezione di questa retta con la linea di liquido e con quella di solido.

La solidificazione ha fine quando passerà per l la linea di solido, e quindi l'ultimo liquido di possibile esistenza sarà l''. Il cammino del liquido sarà quindi $l\,l'\,l''$, quello del solido $s\,s'\,s''$, ove s'' coincide con l.

Da ogni punto del triangolo delle concentrazioni che rappresenta miscugli che non vengono mai a far parte del triangolo delle tre fasi partono adunque due curve, una che dà il cammino del liquido e un'altra quello del solido in equilibrio: liquido e solido in equilibrio si trovano sopra una retta che passa per il punto che dà la composizione del miscuglio originario. Nella fig. 12 sono segnate con freccie le direzioni in cui si muovono le composizioni del liquido e del solido nel procedere della solidificazione.

Vediamo invece che succede se il miscuglio viene ad interessare il triangolo delle tre fasi, o, per meglio dire, se il triangolo delle tre fasi viene a comprendere il punto rappresentante la composizione del miscuglio considerato.

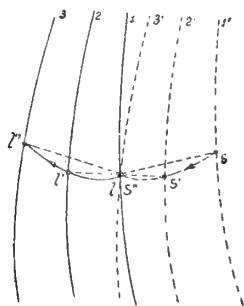



Fig. 12

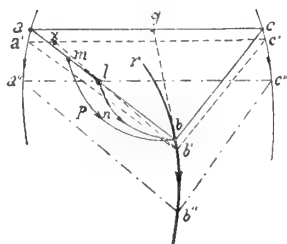



Fig. 13

Supponiamo che il punto l (fig. 13) rappresenti la composizione del nostro miscuglio. Partiamo al solito da una temperatura a cui il miscuglio è liquido: prima che il lato ab del triangolo delle tre fasi lo venga a toccare, la solidificazione procederà come si è detto avanti, cioè il liquido percorrerà la curva $l\,n\,b$. Quando l verrà a far parte del lato ab allora la composizione del liquido sarà b, e quella del solido in equilibrio sarà a, e questo è evidente, perchè il punto l deve sempre appartenere alla linea di coniugazione sulla quale si trovano il liquido ed il solido in equilibrio in ogni istante. Ogni miscuglio perciò la composizione del quale trovasi sul lato ab deve, solidificando, dare origine a liquidi i quali, partendosi dal punto rappresentante il miscuglio stesso, percorrono delle curve che vanno tutte a terminare in b; così il miscuglio m percorrerà la curva mpb.

Quando il miscuglio l viene a trovarsi sul lato del triangolo delle tre fasi si ha ancora equilibrio fra l'unico cristallo misto a ed il liquido b, e le quantità di a e di b presenti sono date rispettivamente dai due rapporti $\frac{lb}{ab}$ ed $\frac{al}{ab}$, assumendo per unità la quantità originaria di l. Per ulteriore abbassamento di temperatura compare la terza fase c.

Distinguiamo anche qui il caso in cui la tangente alla curva descritta da b sia compresa fra a e c, da quello in cui essa trovisi a lato di uno di questi.

Se la tangente è compresa fra a e c, il solido separantesi nell'istante successivo a quello in cui il triangolo delle tre fasi occupa la posizione segnata nella figura 13 ha la composizione q, ma, come sappiamo, consta delle due fasi a e c. Se diciamo dp la quantità infinitesima di q che si separa, le quantità di a e di c sono date rispettivamente da $dp \frac{qc}{ac}$ e $dp \frac{aq}{ac}$. Queste quantità sono date a meno di infinitesimi di ordine superiore, perchè mentre il solido q si separa, il triangolo delle tre fasi viene ad occupare una nuova posizione infinitamente vicina, e quindi aq diventa $aq + dl$, e $qc\, qc + dl'$, in cui dl e dl' sono gli incrementi positivi o negativi subìti nello spostamento dai segmenti aq e qc.

La reazione che si compie è:

$$\text{liquido } b = \text{cristallo } a + \text{cristallo } c.$$

Sebbene questa reazione caratterizzi il modo come avviene il fenomeno, non è la principale trasformazione che si compie, perchè nello stesso tempo le singole fasi costituenti il miscuglio in via di solidificazione vanno tutte per diffusione variando continuamente di composizione [1].

Segnando esageratamente la posizione immediatamente successiva del triangolo di tre fasi con i punti $a'\, b'\, c'$, a equilibrio stabilito il solido non sarà q, ma x; naturalmente x consterà delle due fasi a', c', e si troverà sul punto di incontro della retta $b'\, l$ con la retta $a'\, c'$.

Coll'abbassarsi della temperatura i punti a e c descrivono due linee, le quali vanno via via avvicinandosi fino a coincidere in un punto limite della linea binodale (linea che, come sappiamo, col variare della temperatura varia di forma e di posizione). D'altra parte essi hanno preso origine contemporaneamente dall'altro punto limite della linea binodale, e perciò essi descrivono una linea chiusa che d'ora innanzi diremo linea di lacuna. Questa è divisa in due rami dai punti limiti, e in essa ad ogni punto di un ramo corrisponde nell'altro ramo un punto ad esso coniugato; la retta di coniugazione che unisce questi punti non è altro che il lato ac di solido del triangolo di tre fasi che passa per i punti coniugati.

Se il punto l trovasi entro la linea di lacuna giungerà un momento in cui passerà per esso il lato di solido del triangolo di tre fasi, e allora la cristallizzazione sarà finita. Se nella fig. 13 indichiamo con $a''\, b''\, c''$ quest'ultima posizione del triangolo, b'' sarà la composizione del liquido ultimo che dal miscuglio l si può ottenere. Ogni miscuglio quindi, la composizione del quale trovasi su $a''\, c''$, avrà b'' come ultimo liquido capace di esistenza.

Nel caso particolare del miscuglio l il cammino di solidificazione è dunque $ln\, bb''$, e lungo bb'' si separano due fasi solide. Se p è la quantità di l che trovasi presente, le quantità di a'' e di c'' che a cristallizzazione compiuta si troveranno nella massa sono rispettivamente $p \frac{lc''}{a''\, c''}$ e $p \frac{a'\, l}{a''\, c''}$.

[1] Vedi Hüttner e Tammann. Zeit. für Anorg. Ch. *44* 132.

Pur ammettendo che la tangente al cammino di b cada costantemente fra i punti a e c, un miscuglio l (fig. 14) può seguire un cammino di solidificazione diverso da quello descritto. Questo miscuglio si trova fuori della linea di lacuna, e quindi a solidificazione compiuta non può essere costituito di due fasi, ma di una sola; però, d'altra parte, per la sua speciale posizione, in un certo momento esso viene ad interessare il triangolo delle tre fasi, e quindi si comprende che la sua solidificazione deve procedere diversamente da quella descritta per i miscugli che mai vengono toccati da detto triangolo.

Quando il lato ab è giunto a toccare l, il liquido ha già percorso, solidificando, la linea lnb, e di questo abbiamo già vista la ragione. Con ulteriore abbassamento di temperatura il triangolo assume, per esempio, la posizione $a'b'c'$: allora il miscuglio l trovasi nell'interno di esso, ed il solido in equilibrio col liquido b' consta

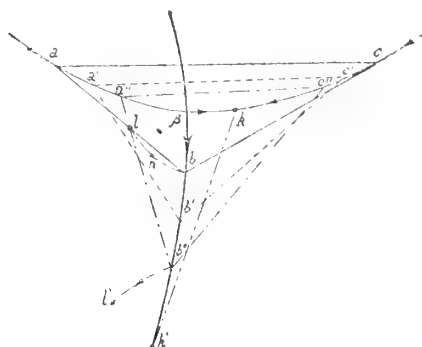



Fig. 14

delle due fasi a' e c'. Seguitando ad abbassarsi la temperatura, pur separandosi dal liquido costantemente due solidi a e c, siccome essi vanno continuamente variando la loro composizione, avviene che quando il triangolo delle tre fasi è arrivato ad occupare la posizione $a''b''c''$, il solido c è scomparso, e solo il solido a trovasi presente. Da questo momento in poi il miscuglio l non appartiene più al triangolo delle tre fasi, il liquido perciò abbandona la linea $bb'b''$ e la solidificazione continua nello stesso modo descritto per il primo caso trattato in questo capitolo, per avere termine quando la linea di solido passerà per l. Il cammino di solidificazione percorso dal liquido sarà quindi $lnbb'b''l'$: lungo lnb si separa un solido omogeneo, lungo $bb'b''$ si separano invece due fasi distinte, e lungo $b''l'$ si separa nuovamente una sola fase.

Il miscuglio l che abbiamo esaminato viene toccato prima dal lato ab del triangolo di tre fasi, e poi dal lato $a''b''$ analogo ad ab. Questo lato $a''b''$ trovasi rispetto alla tangente alla curva $bb'b''$ dalla stessa parte in cui si trovava il lato ab, e perciò il liquido l raggiunge la linea $bb'b''$ da una certa parte, e se ne allontana dalla stessa parte.

I miscugli invece, le composizioni dei quali son comprese fra la linea $\beta bb'b''k'$ e la tangente in k' (che per l'ipotesi fatta deve coincidere con la retta che congiunge il punto estremo della curva $\beta bb'b''k'$ col punto limite k della linea di lacuna), e che

si trovano al di fuori della linea di lacuna, vengono prima toccati dal lato bc, e dopo dal lato ab che trovasi rispetto alla detta tangente dalla banda opposta a quella in cui si trovava il lato bc; perciò i loro cammini di solidificazione, pervenuti sulla curva $\beta bb'b''k'$ da una certa parte, se ne allontanano dalla parte opposta.

Trattiamo ora il caso in cui la tangente al cammino di b non sia compresa fra a e c (fig. 15). Sia al solito l il miscuglio preso in esame, contenuto nell'interno della lacuna. Come abbiamo già visto, prima che il lato ab venga a toccare l, il liquido ha già percorso la linea lnb, e il solido separantesi nell'istante successivo a quello in cui l è pervenuto sopra ab dovrà avere la composizione q. Se dp è la quantità infinitesima di q che si separa, la quantità formatasi di a è $dp\,\frac{qc}{ac}$, e la quantità di c è $dp\,\frac{aq}{ac}$; ma $\frac{qc}{ac}$ è una quantità negativa, e perciò la reazione decorre a questo modo:

$$\text{liquido } b + \text{cristallo } a = \text{cristallo } c,$$

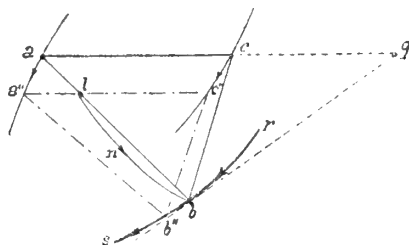



Fig. 15

ossia una certa quantità di solido a scompare per dar luogo assieme al liquido b ad una certa quantità di solido c. Eccetto questa differenza fra la quantità dei solidi che si separano, la solidificazione non differisce da quella che si aveva nel caso precedente quando la tangente in b cadeva fra a e c. Perciò il cammino percorso dal liquido è $lnbb'$, e quando esso è giunto in b'' la massa è solidificata completamente, perchè $a''c''$ è giunto su l. Le quantità di a'' e c'' presenti sono anche qui rispettivamente $p\,\frac{lc''}{a''c''}$ e $p\,\frac{a''l}{a''c''}$.

Quando il punto l non è compreso dentro la linea di lacuna, allora possono darsi due casi distinti corrispondenti agli analoghi trattati precedentemente: o l è compreso nella zona limitata dalla linea di lacuna, la linea descritta da b, e le rette congiungenti gli estremi di tale linea con i punti limiti della linea di lacuna, oppure l trovasi esterno a tale zona, pur venendo per un certo intervallo di temperatura a far parte del triangolo delle tre fasi.

In quest'ultimo caso, il cammino di solidificazione percorso dal liquido, è segnato nella fig. 16, ed è $lnbb'b''l'$. Esso per nulla differisce da quello percorso dal liquido l della fig. 14 e segnato con le stesse lettere. Notiamo perciò solo la corrispondenza perfetta delle due figure, e ricordiamo che, siccome il punto l viene toccato prima dal lato ab e poi dall'analogo $a''b''$, esso perviene sulla $bb'b''$ da una

parte e se ne allontana dalla stessa. A solidificazione compiuta si troverà anche qui il cristallo misto omogeneo l, e l'ultimo liquido in equilibrio con esso sarà l'. Lungo $bb'b''$ il solido a reagisce col liquido per dare origine al solido c; però, pur dovendo scomparire una certa quantità di a per dar luogo al solido c, siccome tanto a che c col variare della temperatura variano la composizione, avviene che quando il triangolo è giunto nella posizione di $a''b''c''$, solo a trovasi presente nel miscuglio, e la solidificazione termina in maniera simile a quella descritta dianzi.

Se invece il miscuglio l è compreso nel campo segnato nella figura 17 con $rh'bb''k'kc''cr$, allora è evidente che esso prima viene toccato dal lato ab e poi dal lato $b''c''$. Coll'abbassarsi della temperatura il liquido b'' si sposta sulla linea di liquido appartenente alla falda della superficie di regola che trovasi limitata dal lato bc del triangolo di tre fasi, mentre esso era giunto su questo precisamente dalla falda opposta, ossia dalla falda limitata dal lato ab. Perciò i liquidi di questo campo giungono su $h'bb''k'$ da una parte e se ne allontanano dalla parte opposta.

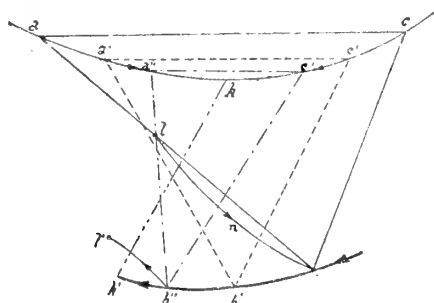



Fig.16

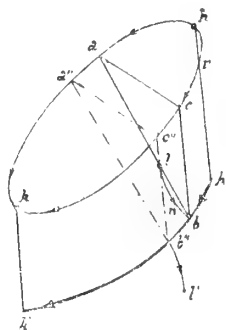



Fig.17

Il cammino di solidificazione del miscuglio l sarà dunque $lnbb''l'$: lungo lnb si separa un solo solido, lungo bb'' il solido a reagisce col liquido per dare origine al solido c; lungo $b''l$ si separa di nuovo un solo solido.

Riassumendo si ha che sia che dal liquido si separino in ogni istante due fasi ben distinte, sia che un solido reagisca col liquido per dar luogo ad un secondo solido, quando un miscuglio perviene a far parte del triangolo di tre fasi possono presentarsi tre casi:

1° il miscuglio è compreso nella linea di lacuna, ed allora, dopo una cristallizzazione da cui prende origine un solido solo, la massa fusa perviene sulla curva descritta da b, e la cristallizzazione termina quando il lato di solido viene a passare per il punto considerato senza che il liquido si sia mai allontanato dalla curva su cui era giunto. In questo caso a solidificazione compiuta il miscuglio consta di due fasi ben distinte.

2° il miscuglio è esterno alla linea di lacuna ed è compreso fra la linea di lacuna stessa, la linea descritta dal punto b e le rette che uniscono gli estremi di questa linea con i punti limiti corrispondenti della linea di lacuna, ed allora il liquido pervenuto sulla linea descritta da b da una parte se ne allontana dalla parte opposta.

3° il miscuglio, pur trovandosi per un certo intervallo di temperatura a far parte del triangolo di tre fasi, non è compreso nei campi suddetti, ed allora la massa fusa pervenuta sulla linea descritta da b da una certa parte di essa se ne allontana dalla stessa parte.

In ambedue questi ultimi casi a cristallizzazione compiuta il miscuglio consta di un cristallo misto omogeneo.

Torniamo perciò a ripetere che l'essere la tangente al cammino di b compresa o no fra le composizioni dei solidi in equilibrio con b modifica solo quantitativamente il fenomeno della solidificazione, e mentre noi abbiamo, per maggior chiarezza, distinte le due reazioni che possono compiersi nei liquidi che vengono a far parte del triangolo delle tre fasi, tale distinzione in sostanza non ha ragione di farsi, ed anzi può darsi il caso che in un certo intervallo si abbia a compiere la reazione in un senso, e in un intervallo successivo la reazione avvenga nell'altro.

Ultimato lo studio del decorso della cristallizzazione, vediamo come possono costruirsi le superficie di fusione e di solidificazione del caso considerato.

Ricordiamo anzitutto cosa s' intende per superficie di fusione e per superficie di solidificazione o di cristallizzazione che dir si voglia.

Se sul triangolo delle concentrazioni invece dei valori del potenziale termodinamico innalziamo ordinate che rappresentano le temperature a cui i miscugli incominciano a solidificare e le temperature a cui essi sono completamente solidificati, otteniamo due superficie, una detta di fusione e l'altra di solidificazione. Tali superficie, con ragionamento inverso, tagliano l'ordinata innalzata su di un punto del triangolo in due punti che individuano rispettivamente la temperatura a cui il miscuglio incomincia a solidificare e la temperatura alla quale la solidificazione è avvenuta completamente. Il primo punto, considerando solo — come stiamo facendo — equilibri stabili, in genere si trova più in alto del secondo; però in alcuni casi essi possono coincidere e nel caso presente coincidono precisamente solo sopra i vertici del triangolo.

Se con un piano orizzontale tagliamo le dette superficie, l' intersezione di queste con il piano sarà data da due curve, l'una appartenente alla superficie di fusione e che diremo linea di fusione, l'altra appartenente alla superficie di solidificazione e che diremo linea di solidificazione. Un piano così tracciato taglia le ordinate tutte ad una stessa altezza sul triangolo delle concentrazioni, in maniera che i punti che si trovano su di esso rappresentano tutti la stessa temperatura; questo significa che la linea di fusione e la linea di solidificazione altro non sono che due isoterme. Si comprende quindi che un miscuglio contenuto fra la linea di fusione e la linea di solidificazione a quella temperatura è in via di solidificazione, e perciò si scinde in un solido, la composizione del quale trovasi sulla linea di solidificazione, e un liquido di composizione rappresentata da un punto della linea di fusione. I punti che si trovano oltre la linea di solidificazione rappresentano miscugli già completamente solidificati; i punti invece che si trovano oltre la linea di fusione rappresentano miscugli completamente liquidi.

Da quanto abbiamo detto risulta evidente che la linea di fusione non è altro che la linea di liquido finora trattata, e la linea di solidificazione la linea di solido dianzi sempre nominata.

Per costruire dunque la superficie di fusione e quella di solidificazione possiamo portare su ogni punto della linea di liquido e su ogni punto della linea di solido dei segmenti tutti eguali che rappresentino la temperatura alla quale la linea di solido e quella di liquido occupano la posizione considerata. Variando la temperatura, noi sappiamo che le due linee vanno cambiando di forma e di posizione, per cui gli estremi dei segmenti riportati nella maniera detta andranno descrivendo la superficie di fusione e la superficie di solidificazione. D'ora innanzi perciò linea di liquido, linea di fusione e isoterma di fusione, nonchè linea di solido, linea di solidificazione e di cristallizzazione, ed isoterma di solidificazione indicheranno per noi la stessa cosa.

Nel nostro caso si comprende facilmente quale sia la forma delle due superficie: quella di liquido scenderà continuamente da B ad A ed a C, ma avrà nel mezzo una linea singolare che prenderà quasi l'aspetto di una piegatura della superficie stessa, e questa linea corrisponderà precisamente alla linea descritta dal vertice di liquido del triangolo delle tre fasi. Lungo questa linea si separano sempre due fasi solide, per cui, trattandosi di sistemi a tre componenti, la regola delle fasi ci dice che essa è una linea di equilibrio univariante.

La superficie di solido giace tutta al di sotto di quella di liquido, e la tocca solo ove questa taglia gli spigoli del prisma. Essa pure scende con continuità da B ad A ed a C, ed una certa zona di essa è costituita da una superficie rigata, generata dal movimento del lato di solido del triangolo delle tre fasi. I solidi compresi in questa zona si scindono in due le cui composizioni sono date dalle proiezioni della generatrice passante per il solido in esame con la linea di lacuna, o, per meglio dire, con la superficie dei solidi omogenei.

Se per una generatrice della zona rigata si traccia un piano orizzontale, esso incontra la linea di equilibrio monovariante appartenente alla superficie di liquido in un punto, la proiezione del quale dà la composizione del liquido in equilibrio con i due solidi suddetti. Perciò se per i punti limiti della linea di lacuna si fanno passare due piani orizzontali, questi delimitano la curva monovariante, e quindi le rette che uniscono i punti limiti della lacuna con gli estremi relativi della linea univariante sono rette orizzontali.

Oltre le due superficie suddette è necessario considerare una terza superficie. Per ben comprendere la genesi di questa è necessario riprendere a considerare la linea binodale. Questa, col variare della temperatura, varia di forma e di posizione, e perciò, siccome nel nostro caso è una curva chiusa, quando la lacuna di miscibilità presenta un punto critico superiore o un punto critico inferiore, essa va, rispettivamente con innalzamento ed abbassamento di temperatura, a mano a mano impicciolendosi fino a ridursi in un punto, precisamente alla temperatura critica della lacuna. Come col variare della temperatura va variando la linea binodale, così pure la proiezione di essa per ogni temperatura prende una speciale forma e posizione nel triangolo delle concentrazioni. Se sopra ogni punto della proiezione della linea binodale e per ogni singola temperatura riportiamo come ordinata un segmento che rappresenti la

temperatura, veniamo a descrivere la terza superficie che ci interessa di considerare, e che chiameremo per brevità superficie di lacuna.

Noi abbiamo visto che la linea binodale sussiste indipendentemente dalla posizione che occupa la superficie ζ_s relativamente alla superficie ζ_l, e se, nella zona da essa occupata, la posizione più bassa per una certa temperatura è assunta dalla superficie ζ_l, ciò implica che un miscuglio in essa compreso può esistere allo stato solido solo in equilibrio instabile. Quindi, se trascuriamo di considerare le posizioni relative delle superficie ζ, possiamo descrivere completamente la superficie di lacuna, sebbene una parte di essa possa indicare solo equilibri instabili.

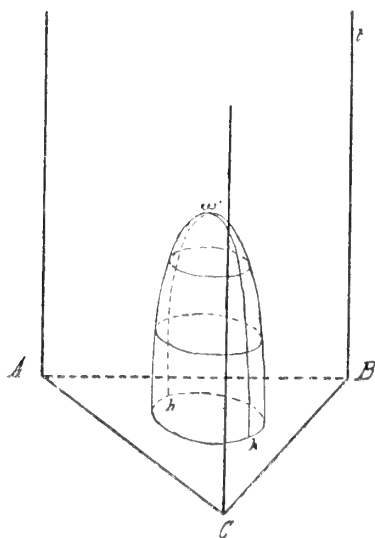
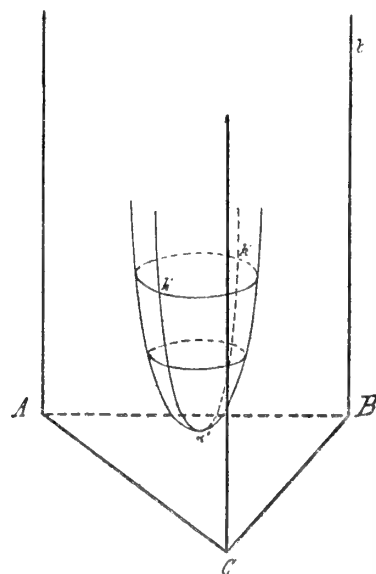



Fig. 18 Fig. 19

Vediamo ora le varie forme che questa superficie può assumere quando la lacuna di miscibilità presenta punti critici.

Se la lacuna ha un punto critico superiore la superficie di lacuna si presenta con una forma simile a quella indicata nella fig. 18. In questa figura sono segnate varie isoterme le quali, per essere tali, debbono giacere in piani orizzontali; le loro proiezioni sul triangolo delle concentrazioni coincidono con le proiezioni delle linee binodali che compaiono alle singole temperature. Le ordinate dei punti limiti della linea binodale descrivono sulla superficie di lacuna due linee che alla temperatura critica vanno a coincidere in ω'. L'altezza di ω' sul piano delle concentrazioni dà la temperatura critica, ed il piano orizzontale passante per ω' deve essere tangente alla superficie di lacuna.

Se la lacuna di miscibilità presenta un punto critico inferiore, l'aspetto che assume la superficie di lacuna è simile a quello segnato nella fig. 19, ove d' è il punto

critico e $h' \alpha' k'$ è la linea descritta dalle ordinate innalzate sui punti limiti della linea binodale.

Nei due casi trattati le superficie di lacuna sono aperte; se però la lacuna ha un punto critico superiore ed uno inferiore, la superficie di lacuna si presenta chiusa, e la si può immaginare quando la superficie della fig. 19 la si pensi completata ai di sopra con la superficie della fig. 18.

Come si è detto, non tutta la superficie di lacuna rappresenta equilibrî stabili, ma tali equilibrî sono dati solo dalla parte che si trova al di sotto della superficie di solido, ed è a questa parte che noi sempre ci riferiamo.

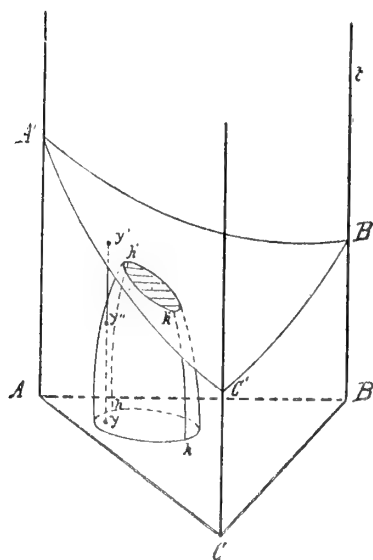



Fig. 20

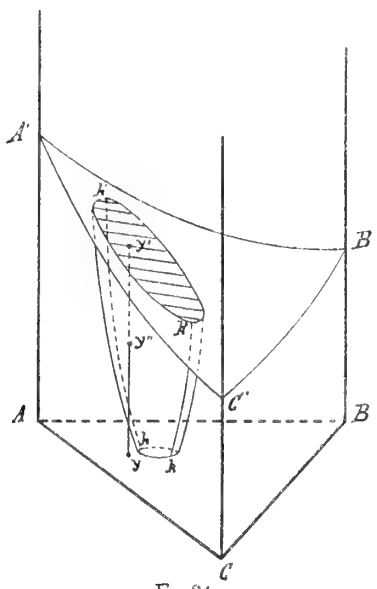



Fig. 21

Nella fig. 20 sono disegnate le superficie di solido e di lacuna quali possono presentarsi nel caso che stiamo trattando. Se prendiamo a considerare un miscuglio di composizione y, esso alla temperatura y' avrà solidificato completamente se la solidificazione è avvenuta attraverso a cristallizzazione di seconda specie. Se ora la temperatura si abbassa fino ad y'', incontro dell'ordinata per y con la superficie di lacuna, è evidente che a questa temperatura il cristallo y incomincia a scindersi in due fasi, e con ulteriore abbassamento di temperatura queste vanno via via cambiando di composizione in modo però da trovarsi sempre sulla retta di coniugazione passante per y. Il punto y'' è, come si è visto, il punto di intersezione della normale per y con la superficie di lacuna, e perciò se si determina la curva di raffreddamento del miscuglio, essa presenterà un gomito alla temperatura di y''.

I miscugli invece, i quali si trovano entro la linea di lacuna, si scindono in due fasi nell'atto stesso della solidificazione. Può darsi però che le due fasi solide così separatesi e che vanno successivamente modificandosi giungano ad un punto in cui si riducono ad una sola, e questo è il caso della fig. 21, ove il miscuglio y che,

appena compiutasi la solidificazione consta di due fasi, alla temperatura y'' si riduce ad una fase unica. Anche in questo caso la temperatura y'' sarà individuata da un gomito sulla curva di raffreddamento di y.

Da quanto si è detto adunque risulta che un miscuglio solido appartenente ad un sistema ternario con lacuna di miscibilità può constare di una o due fasi, a seconda della temperatura alla quale lo si considera; come casi particolari si comprende facilmente che alcuni miscugli solidi possono constare a qualsiasi temperatura sempre di una o sempre di due fasi.

Quando la superficie di lacuna presenta un punto critico superiore od un punto critico inferiore, allora la superficie di solido, invece di intersecarla, può anche solo toccarla e toccarla precisamente alla temperatura critica. Ciò importa che la superficie di solido ammetta in quel punto un piano tangente orizzontale, come lo ammette ivi la superficie di lacuna. Questo piano tangente non è altro che il limite di tutti i piani orizzontali intersecanti la superficie di lacuna, e la proiezione su di esso della linea binodale, che prima era una curva chiusa, ora si è ridotta ad un punto, come pure si è ridotta ad un punto la linea di lacuna della superficie di solido.

Se la superficie di lacuna si presenta nel punto di contatto con un punto critico superiore, si comprende come essa si svolga tutta nel campo degli equilibrî stabili; se invece il punto critico è un punto critico inferiore, essa interessa solo equilibrî instabili.

Quando la linea di lacuna si riduce ad un punto, è evidente che anche la linea univariante della superficie di liquido deve ridursi ad un punto: tale punto però non presenta, in genere, alcuna singolarità.

Il caso ora trattato si presenta quando la superficie binodale sia costituita solo dai due piani limiti, che dovranno perciò coincidere. La parte rigata di tale superficie si riduce così ad una sola retta giacente sui piani detti e la linea binodale ad un punto, e alla temperatura a cui questo succede avviene il contatto della superficie ζ_l con la superficie binodale, cioè col piano limite di questa, ragione per cui, se la lacuna presentava un punto critico inferiore essa deve comparire in quell'istante, mentre che se invece presentava un punto critico superiore essa, con innalzamento di temperatura, scompare completamente.

Abbiamo detto che la linea di lacuna ha origine in un punto limite e, dopo essere stata descritta dai vertici di solido del triangolo delle tre fasi, ha il suo termine nell'altro punto limite; ciò porta di conseguenza che uno dei punti limiti ha una temperatura inferiore all'altro, e quindi la zona rigata della superficie di solido scende con continuità dall'uno all'altro punto limite.

*
* *

In tutte le deduzioni precedenti siamo partiti dall'ipotesi che il primo contatto fra la superficie ζ_l e la superficie binodale avvenga in uno dei piani limiti. Ammettiamo ora invece che il primo contatto avvenga nella parte rigata della superficie binodale.

Quando ciò accade, abbiamo già detto che la linea di solido che con innalzamento di temperatura si era andata avvicinando alla linea binodale la toccherà, e la toccherà

precisamente in un punto di quella generatrice della superficie binodale che è toccata dalla linea di solido, ed essa si presenterà simile alla fig. 22.

In questa si è supposto che il primo contatto avvenga sulla generatrice passante per b, ed allora la linea di solido tocca la linea binodale in a.

Seguitando ad innalzare la temperatura, la superficie ζ_l passerà al di sotto della superficie binodale, ed allora saranno possibili due piani di comune tangenza, invece di uno solo, come succedeva prima. Questi due piani toccheranno la superficie binodale lungo due generatrici e la superficie ζ_l in due punti distinti. Invece di presentarsi un solo triangolo di tre fasi qui se ne presentano due, e ad ogni liquido individuato dai punti di contatto dei piani di comune tangenza, corrisponderanno rispettivamente due solidi, la cui composizione è data dai punti di contatto di tali piani con la linea binodale.

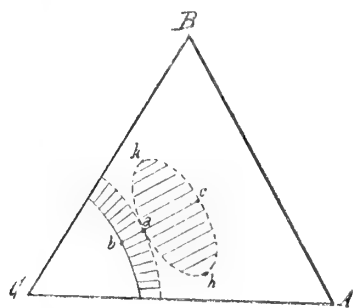



Fig. 22

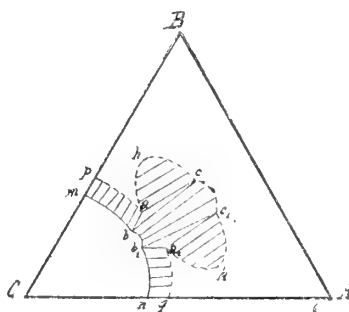



Fig. 23.

Nel triangolo delle concentrazioni si possono allora distinguere (fig. 23) diversi equilibrî analoghi a quelli che si presentavano nella fig. 5. Qui però il numero dei campi è maggiore. Nel campo $C\,mbb_1n$ sono possibili solo miscugli allo stato liquido, nei campi $mbap$, bcc_1b_1, $c\,b_1a_1qn$ si presentano miscugli eterogenei, ed in questo caso la linea di solido si compone di tre rami, due che fanno capo ad uno stesso ramo della linea binodale pa e aq, e l'altro, cc_1, che, partendosi da un punto della linea binodale appartenente all'altro ramo di questa linea, giunge in un altro punto di questo stesso ramo: i miscugli compresi in questi campi si scindono in un liquido ed in un solido omogeneo; nei triangoli abc ed $a_1b_1c_1$ si ha invece equilibrio fra i liquidi b e b_1 e rispettivamente i solidi coniugati ac, a_1c_1; nei campi abc ed ed a_1kc_1 ogni miscuglio si scinde in due fasi solide, la composizione delle quali è data dalla intersezione della retta di coniugazione passante per il punto che rappresenta il miscuglio considerato con la linea binodale; ed infine nel campo $B\,pahcc_1ka_1q\,A$ dove ogni miscuglio esiste allo stato di solido omogeneo.

Per maggiormente chiarire quanto si è detto, si potrebbero prendere a considerare i fenomeni che avvengono quando ad un miscuglio di data composizione si aggiunge uno dei componenti o un altro miscuglio qualsiasi, ma la deduzione di questi fenomeni è così semplice, quando la si faccia col metodo da noi seguìto illustrando il primo caso nella fig. 5, che non crediamo doverci fermare oltre.

Per ulteriore innalzamento di temperatura i punti ac ed $a_1 c_1$ si vanno rispettivamente avvicinando ai punti h e k finchè prima gli uni e poi gli altri rispettivamente li raggiungono; da questo momento in poi tutto procede come quando non esiste lacuna.

Fenomeni di solidificazicne. Solidificazione di prima specie. — Facciamo solo alcune osservazioni speciali del caso, rimandando per il resto a quel che abbiamo detto prima.

Abbiamo visto come la linea nello spazio $r' s'$ delle fig. 8, 10, 11 scenda con continuità da r ad s; invece la $r' m' s'$ della fig. 24, che è la linea di equilibrio che ora si presenta, scende da r' ed s' ad m', e quindi m' è un punto di minimo. Come ciò possa avvenire lo si comprende facilmente pensando che la $r' m' s'$ è la linea descritta dai vertici di liquido b' e b'_1 dei triangoli di tre fasi. i quali, coincidenti dapprima (quando cioè con graduale innalzamento di temperatura avviene il primo contatto della superficie ζ_l con la superficie binodale) si vanno a mano a mano allon-

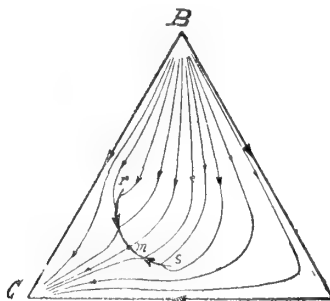



Fig. 24

tanando finchè terminano in r ed in s quando le fasi solide distinte in equilibrio con essi hanno raggiunto la stessa composizione rispettivamente nei punti h e k.

Nel caso presente il primo contatto della superficie ζ_l con la superficie binodale avviene nella parte rigata di quest'ultima esterna alla linea binodale, e siccome poi la ζ_l passa al di sotto della superficie binodale, si comprende come, almeno nei pressi del punto m', la tangente ai cammini di b e b_1 debba essere esterna al segmento che unisce i punti che individuano i rispettivi solidi in equilibrio. Perciò i liquidi pervenuti, per esempio (fig 23), sulla linea monovariante con direzione cb e $c_1 b_1$ se ne allontanano in direzione ab e $a_1 b_1$.

Il solo liquido b della fig. 22, corrispondente ad m della fig. 24, pervenuto sulla linea rms con una certa direzione data da bc della fig. 22 se ne allontana nella stessa direzione, per cui il suo cammino non è per nulla alterato dalla presenza della linea $r_1 m_1 s_1$, e quindi dalla presenza della lacuna.

La tangente ai cammini di b e di b_1 (fig. 23), dopo essersi mantenuta per qualche tempo all'esterno di ac e di ac_1, può pervenire fra essi, ed allora noi sappiamo che i cammini di quei liquidi che in tal modo giungono sulla linea di equilibrio monovariante si mantengono in seguito su questa.

Nella deduzione della fig. 24 abbiamo supposto che nelle vicinanze di r e di s le tangenti alla curva rms taglino fra i vertici il lato di solido del triangolo di tre

fasi, ed invece nei pressi di m esse si mantengano esterne. Abbiamo poi segnato in questa diversi cammini di solidificazione indicando così i casi che si possono presentare, e sui quali non riteniamo necessario trattenerci oltre.

Solidificazione di seconda specie. — Siccome questa dipende dalla posizione che occupa la composizione del miscuglio considerato relativamente alla linea di lacuna ed alla linea di equilibrio monovariante, e non dalla forma di queste, ciò vuol dire che tutto qui procede nella maniera già descritta.

Solo notiamo che i miscugli della fig. 22 che si trovano sopra ac occupano una posizione speciale per la quale il lato del triangolo delle tre fasi che per primo li tocca, e che sappiamo dovere essere un lato di corrispondenza liquido-solido, è coincidente col lato di solido. Questo porta di conseguenza che non vi è intervallo di temperatura fra l'inizio della reazione

$$\text{liquido } b + \text{cristallo } c = \text{cristallo } a$$

e la completa solidificazione, la quale deve aversi alla temperatura a cui il lato di solido del triangolo delle tre fasi passa per il punto considerato. Dunque tali miscugli non avranno un intervallo di trasformazione, ma la solidificazione si compierà tutta a temperatura costante, e il miscuglio risultante sarà costituito dai solidi distinti a e c.

I miscugli poi che si trovano su ab, siccome vengono toccati contemporaneamente oltre che dal lato bc del triangolo delle tre fasi, anche dal lato ba che con esso coincide, avranno anche essi una fermata in cui ha luogo la trasformazione, dopo di che la cristallizzazione seguiterà con la separazione di un solido analogo ad a.

Il solido di cristallizzazione è costituito delle tre superficie che abbiamo già viste. La superficie di fusione scenderà con continuità da B ad A ed a C, e presenterà, anche in questo caso, la ripiegatura dianzi notata caratteristica della linea monovariante. Questa linea che prima scendeva con continuità da un capo all'altro, ora invece dapprima scende fino ad un minimo e quindi risale: la temperatura di minimo è la temperatura in cui si presentano le isoterme segnate nella fig. 22, e la linea viene descritta con continuità dai punti b e b' della fig. 23.

Anche la superficie di solido scende da B ad A e a C, mentre la parte rigata non scende con continuità dall'uno all'altro punto limite della linea di lacuna, ma dall'uno all'altro di questi punti si passa con movimento di una retta orizzontale che prima discende, raggiunge un minimo, e quindi risale fino all'altro punto limite.

La superficie di lacuna non presenta nessuna differenza da quella del caso precedente. Quando essa abbia un punto critico superiore od un punto critico inferiore la superficie di solido invece di intersecarla può toccarla: e la differenza tra questo caso e quello trattato precedentemente consiste nel fatto che, mentre prima il contatto della superficie ζ_l con la superficie binodale ridottasi ad un unico piano avveniva fuori della parte rigata, che consisteva solamente in una retta giacente sul piano stesso, ora il contatto deve aver luogo precisamente in un punto di questa retta.

***

Nel primo tipo si può presentare anche un altro caso.

Nella deduzione del primo caso abbiamo supposto che dopo il primo contatto della superficie ζ_l con la superficie binodale in uno dei piani limite di quest'ultima, la superficie si porti al di sotto della superficie binodale muovendosi in modo da permettere al triangolo delle tre fasi di percorrere con continuità la linea di lacuna da uno dei punti limite fino all'altro. Può però succedere che prima che il lato di solido del triangolo di tre fasi arrivi al secondo punto limite della linea binodale, la superficie ζ_l vada a toccare la superficie binodale nell'altro piano limite, ed allora, da quel momento in poi, con ulteriore innalzamento di temperatura, le due superficie menzionate ammetteranno due piani di comune tangenza, ed il triangolo delle concentrazioni si presenterà diviso in campi disposti similmente a quelli segnati nella fig. 25.

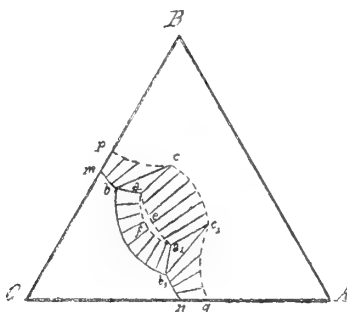



Fig 25

Gli equilibrî che qui si presentano sono analoghi a quelli descritti quando si parlava della fig. 22. Solo notiamo che, invece di aversi due campi nei quali i miscugli compresivi si scindono in due fasi solide, qui se ne ha uno solo, e cioè $a_1 e a c c_1$, ed invece di un unico campo ove sono possibili solidi omogenei, qui se ne presentano due, e cioè $\mathrm{B} p c c_1 q \mathrm{A}$ ed $a e a_1 f$. Con innalzamento di temperatura i lati ac ed $a_1 c_1$ si vanno avvicinando fino a coincidere, ed alla temperatura alla quale questo succede i lati ba e $a_1 b_1$ si pongono rispettivamente per diritto ai lati ac ed $a_1 c_1$.

Come ciò avvenga lo si può facilmente vedere. Basta infatti considerare che i piani di comune tangenza alla superficie ζ_l ed alla superficie binodale debbono via via fare minore angolo fra loro finchè vanno a coincidere; ciò vuol dire che la retta di contatto di ogni piano con la superficie binodale è venuta a cadere sulla retta di contatto dell'altro piano, e siccome la superficie ζ_l è convessa in ogni punto, così essa non può toccare un unico piano che in un sol punto. Perciò i punti di contatto con i due piani di tangenza che prima erano distinti debbono coincidere, e coincideranno precisamente in un punto della retta di tangenza del piano con la superficie binodale, ossia in un punto della generatrice di questo che tocca il piano tangente.

Fenomeni di solidificazione. Solidificazione di prima specie. — La linea $r' \mathrm{M} s'$ della fig. 26 è la linea monovariante che si presenta in questo caso. Dai punti r' ed s' essa sale fino ad M che è quindi un punto di massimo, e la sua altezza sul

triangolo delle concentrazioni indica la temperatura alla quale i punti b e b_1 (fig. 25) sono andati a coincidere, ossia la temperatura alla quale i triangoli di tre fasi si sono confusi l'uno nell'altro riducendosi ad un'unica retta; le altezze invece di r' e di s' sul piano delle concentrazioni individuano rispettivamente le temperature alle quali avviene il contatto della superficie ζ_l con i piani limite.

Nel tipo in questione i punti b' e b'_1, quando andranno a coincidere in un punto della generatrice della superficie binodale, cadranno fuori del segmento compreso nella linea binodale, per cui, almeno nei pressi del massimo della linea monovariante, le tangenti a questa condotte per i vertici di liquido dei triangoli di tre fasi saranno esterne ai lati rispettivamente limitati dai solidi in equilibrio con i liquidi stessi. Perciò i liquidi pervenuti sulla curva monovariante se ne allontanano nella maniera già detta. Nella fig. 26 abbiamo supposto che nei pressi dei punti r ed s la tangente alla linea monovariante venga invece ad essere compresa fra le composizioni delle due fasi solide, e ammettendo questa ipotesi abbiamo segnato i cammini di solidificazione.

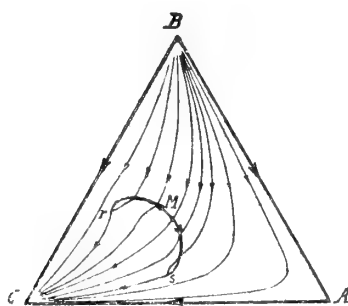



Fig. 26

Solidificazione di seconda specie. — Questa non diversifica in nulla da quella trattata precedentemente, e, analogamente a quanto si è detto prima, presenta la particolarità che i miscugli appartenenti alla linea di coniugazione della linea di lacuna passante per M non hanno un intervallo di trasformazione, ma hanno invece una fermata.

Il solido di cristallizzazione differisce dal precedente solo perchè la linea di equilibrio monovariante presenta un massimo invece di un minimo, e perchè la parte rigata della superficie di solido, la quale è compresa fra la linea di lacuna, sale da un punto limite di questa fino a raggiungere un massimo, per poi ridiscendere all'altro punto limite.

La superficie di solido invece che tagliare la superficie di lacuna può essere tangente a questa, e allora precisamente si ricade nel caso precedente.

Riassumendo, in questo primo tipo abbiamo visto che possono presentarsi tre casi ben distinti, i quali possono essere caratterizzati dall'andamento della linea

monovariante. Questi tre casi che si riscontrano in ogni tipo si possono così enumerare:

1° la curva monovariante scende con continuità da un estremo all'altro;
2° la curva monovariante presenta un minimo;
3° la curva monovariante presenta un massimo.

Si può decidere di che caso si tratta osservando le diverse isoterme. Nel primo caso si ha costantemente un solo triangolo di tre fasi; nel secondo i due triangoli di tre fasi che si vengono a formare si volgono due lati di corrispondenza solido-liquido; nel terzo infine i due triangoli si volgono i lati di corrispondenza solido-solido.

Queste ricerche sono state compiute nell'Istituto Chimico della R. Università di Roma.

RELAZIONE

letta dai Soci STRUEVER e VIOLA (relatore), nella seduta del 1° maggio 1910, sulla Memoria di A. ROSATI, avente per titolo: *Contributo allo studio cristallografico dell'idocrasio del Vesuvio.*

Il lavoro del Rosati sull'idocrasio del Vesuvio, dopo esaminati i lavori esistenti fin qui, e rilevate le forme di questa importante specie cristallina, fa una Monografia interessante, più che contributo, sulla Vesuviana di questa località, servendosi di un copioso numero di cristalli (75 in tutto) della collezione Spada appartenente al Museo della R. Università di Roma.

Il Rosati studia tutte le forme, ne fa risaltare la probabilità di esse e delle faccie, e mette in rilievo i tipi principali. Quattro figure illustrano la Memoria.

Il lavoro del Rosati è sviluppato con metodi rigorosi, e porta perciò un nuovo e notevole contributo alla conoscenza dell'idocrasio vesuviano. La vostra Commissione è convinta che il lavoro del Rosati è degno di essere pubblicato negli Atti della Accademia, e ne propone perciò vivamente l'inserzione.

Contributo allo studio cristallografico dell'idocrasio del Vesuvio [1].

Memoria di ARISTIDE ROSATI

(con una tavola)

Nel novembre del 1909 ebbi dalla cortesia del prof. Strüver, a cui rendo i dovuti ringraziamenti, il permesso di studiare la collezione dei cristalli di idocrasio del Monte Somma, che si conserva nel Museo di Mineralogia della R. Università di Roma e che fu composta nella prima metà del secolo scorso per opera di mons. Lavinio de' Medici-Spada, e quindi figura col titolo « Collezione Spada ». Sono in tutto 75 cristalli dalle combinazioni più svariate e spesso ricchi di facce, talchè non mi sembra privo d'interesse di pubblicare il presente lavoro, che riassume i risultati ottenuti nello studio delle combinazioni e nella determinazione delle forme, portando il suo modesto contributo alla conoscenza cristallografica dell'idocrasio vesuviano.

Come è noto, lo studio più importante sulla forma cristallina dell'idocrasio è quello di Zepharovich [2], che per i cristalli del Monte Somma trovò le seguenti forme:

{001}, {113}, {112}, {111}, {221}, {331}, {101}, {302}, {201}, {301},
{423}, {211}, {421}, {312}, {311}, {511}, {110}, {210}, {310}, {100},

di cui la {301} e la {302} sono nuove.

Alla monografia di Zepharovich, che risale al 1864, seguì nel 1878 un breve studio del Groth [3], da cui risultarono le nuove forme {20.5.2} e {13.7.1} e la {102} non ancora trovata sull'idocrasio del Vesuvio, e poi nel 1892 il lavoro di J. Boecker [4], che nell'idocrasio vesuviano scoprì le forme nuove {106}, {229}, {552}, {14.14.5}, {18.5.5}, {72_}, {11.4.4} e la {115} nuova per la località.

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Mineralogia della R. Università di Roma.

(2) V. Ritter v. Zepharovich. Ber. Ak. Wien, 49 (1) 1864.

(3) P. Groth. *Die Mineraliensammlung der Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg*. Strassburg, 1878, S. 200.

(4) J. Boecker, *Krystallographische Beobachtungen am Idokras*. Zeitschr. für Kryst. Bd. 20, S. 224.

Nei cristalli d'idocrasio del Monte Somma studiati dal Franco [1] nel 1893 furono trovate le seguenti forme nuove {28.7.1}, {35.7.1}, {35.5.3}, {63.9.2}, più la {114}, la {441} e la {711} non ancora conosciute per l'idocrasio vesuviano.

Infine recentemente il prof. Zambonini [2] nella sua interessantissima opera sulla *Mineralogia vesuviana*, trattando dello stesso minerale riferisce le nuove forme da lui trovate: {9.0.13}, {929}, {979}, {855}, {955}, {611}, {621}, {17.3.10}, {13.3.8} nuove per il minerale e {445}, {737}, {544}, {531} nuove per l'idocrasio del Monte Somma.

Alle forme ora citate è da aggiungersi la {411}, che, come riferisce lo Zambonini nell'opera citata, fu scoperta da Haüy e osservata in seguito soltanto da Lévy e Presl nei cristalli del Monte Somma. Ma la sua reale presenza è da considerarsi come dubbia potendo essere stata cambiata con la {511}, che è frequente.

Complessivamente le forme note dell'idocrasio del Monte Somma possono riassumersi nel seguente quadro:

Pinacoide: {001}.

Prismi a base quadrata: {100}, {110}.

Prismi ottagoni: {210}, {310}.

Bipiramidi a base quadrata: {101}, {102}, {106}, {9.0.13}, {302}, {201}, {301}, {111}, {112}, {113}, {114}, {115}, {229}, {445}, {221}, {331}, {441}, {552}, {14.14.5}.

Bipiramidi ottagone: {929}, {737}, {979}, {544}, {855}, {955}, {211}, {11.4.4}, {311}, {722}, {18.5.5}, {411}, {511}, {611}, {711}, {423}, {421}, {312}, {531}, {621}, {20.5.2}, {13.7.1}, {28.7.1}, {35.5.3}, {63.9.2}, {17.3.10}, {13.3.8}, {35.7.1}.

Sono in tutto 52 forme.

I cristalli che mi servirono per le osservazioni sono tutti sciolti e presentano in genere caratteri esterni concordanti con quelli riferiti da C. Hintze a pag. 295 del suo *Handbuch der Mineralogie*, II B. Sono quasi sempre opachi e di colore giallo-bruno; solo eccezionalmente si trovano cristalli trasparenti, colorati in giallo-verdastro. Le loro dimensioni d'ordinario sono inferiori a quelle riportate dall'Hintze (generalmente ca. 10-15 mm. per la lunghezza e 4-6 mm. per la larghezza), e per quanto variabilissime si può ritenere che in media oscillano da 3 a 7 mm. per la larghezza, e da 4 a 12 mm. per l'altezza. Solo nel cristallo segnato in collezione col n.° $\frac{6803}{29}$ si hanno 12 mm. in larghezza e 15 mm. in altezza. Quasi mai si trovano cristalli terminati alle due estremità; le facce del prisma {110} sono generalmente più estese di quelle del prisma {100}; le striature parallele all'asse z o mancano completamente o sono molto deboli. Le facce, benchè siano splendenti, sono in generale imperfette,

[1] Pasquale Franco, *Studî sull'idocrasio del Vesuvio*. Giornale di Min., Crist. e Petrog. del Sansoni, IV, 1893; Bollett. della Soc. Geol. ital., 1893. Il Franco ha pubblicato anche un altro studio sull'idocrasio del Monte Somma (Boll. Soc. Natur. in Napoli, 1890), che per noi non ha interesse.

[2] Ferruccio Zambonini, *Mineralogia vesuviana*, pag. 259, Napoli, 1910.

e per ciò non dànno buoni riflessi, come si rileva dai limiti alquanto ampî delle misure e dalla differenza tra i valori ottenuti al goniometro e quelli calcolati; esse quindi si prestano soltanto alla determinazione delle forme e non permettono un esatto calcolo della costante c. Tuttavia se si calcola la costante c in base al valore medio di 28° 15′ risultante dalle sei misure dell'angolo (101):(001) deriva il rapporto 1:0,5372, che coincide con quello dato da Zepharovich per una parte dei cristalli del Monte Somma. Quindi nel presente lavoro per il calcolo degli angoli mi valgo del rapporto:

$$a:c = 1:0,5372$$

stabilito da Zephavorich.

Relativamente alle combinazioni è da notare anzitutto che è molto diffuso l'abito prismatico, sebbene i cristalli siano poco allungati secondo l'asse z, essendo spesso la larghezza quasi uguale all'altezza; i cristalli a sviluppo tabulare secondo {001} sono rari; di cristalli con abito piramidale ve ne è uno solo: il $\frac{6822}{48}$.

In tutto si hanno quattro diversi tipi di combinazioni. Nel primo tipo prevalgono le forme {100}, {111}; nel secondo {001}. {100}, {110}; nel terzo {001}, {100}, {110}. {111}; nel quarto {001}. {100}, {110}, {111}. {101}. Il tipo più frequente, come si rileva dal quadro riportato in fine della presente Memoria, è il terzo.

Ho misurato 16 zone, cioè:

[100 : 010], [100 : 001], [110 : 001], [210 : 001], [310 : 001], [312 : 100], [011 : 100], [221 : 100], [312 : 010], [221 : 010], [101 : 110], [311 : 110], [331 : 210], [211 : 120], [102 , $1\bar{2}0$], [511 : 310].

e riporto nei seguenti quadri i valori e le forme trovate notandone la frequenza e la configurazione delle facce.

1. — Zona [100 : 010].

In questa zona compaiono le forme: a{100}, h{310} *x_1{940}, f{210}, φ{530}, m{110}.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$h:a$ = (310):(100)	18° 32′	17° 32′ - 18° 40′	12	18° 26′ 6″	5 54′
$h:f$ = (310):(210)	8 2	7 56 - 8 8	2	8 7 48	— 5 48
$x_1:a$ = (940):(100)	24 2	—	1	23 57 30	4 30
$x_1:m$ = (940):(110)	20 56	—	1	21 2 30	— 6 30
$f:a$ = (210):(100)	26 27	26 17 - 26 46	23	26 33 54	— 6 54
$f:m$ = (210):(110)	18 30	18 10 - 18 51	7	18 26 6	3 54
$\varphi:f$ = (530):(210)	4 14	—	1	4 23 56	— 9 56
$\varphi:m$ = (530):(110)	14 4	—	1	14 2 10	1 50

Le forme {100} e {110} sono costanti, e quasi sempre presentano facce estese e molto lucenti, talvolta debolmente rigate nel senso dell'asse z. Come ho già notato la forma {110} predomina sulla {100}. Generalmente i riflessi non sono buoni; non manca il caso di riflessi multipli.

Le facce delle altre forme sono molto ristrette; tra esse prevalgono alquanto quelle del prisma ottagono {210}, che è diffusissimo trovandosi in 66 cristalli.

È frequente anche la forma {310}, trovata 24 volte. Essa, come risulta dal quadro precedente, offre notevoli oscillazioni dell'angolo (310):(100); i limiti estremi delle esperienze vanno da 17° 32′ a 18° 40′ con una differenza di 1° 8′ senza che possano attribuirsi a vera imperfezione delle facce. Il caso per altro non è nuovo per l'idocrasio del Vesuvio, e l'Hintze nel suo trattato ne cita parecchi; così ad es. dice che Doelter (Groth's Zeitschr., V, 292) trovò (001):(111) = 36° 40′ — 37° 25′.

La forma {530} fu determinata solo nel cristallo $\frac{6803}{29}$, ed è nuova per l'idocrasio del Vesuvio. Essa fu scoperta da Zepharovich nell'idocrasio di Val d'Ala (Alpi occidentali), e non fu trovata, per quanto mi consta, in cristalli di altre località.

Il prisma ottagono {940} è nuovo; fu trovato una sola volta nel cristallo $\frac{6822}{48} h_{\prime\prime}$, e per quanto sembri sufficientemente determinato dalle buone misure ottenute, concordanti con un simbolo alquanto semplice, ha bisogno di conferma.

2. — Zona [100:001].

Oltre la a{100} già descritta, in questa zona furono trovate le forme: o{101}, ν{102}, c{001}.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$o:a$ = (101):(100)	61° 46′ 30″	61° 33′ - 61° 56′	7	61° 45′ 15″	1′ 15″
$o:\nu$ = (101):(102)	13 6 30	13 3 - 13 10	2	13 12 15	— 5 45
$o:c$ = (101):(001)	28 15 0	28 11 - 28 18	6	28 14 45	0 15
$\nu:c$ = (102):(001)	14 50 0	14 45 - 15 1	3	15 2 0	— 12 0

La forma {001} è costante, e ordinariamente presenta un esteso sviluppo; le sue facce però sono piene d'incavi e d'irregolarità, talchè raramente si prestano a misure esatte.

La {101} è molto diffusa; fu trovata in 51 cristalli; le sue facce, salvo nei cristalli del IV tipo, dove assumono uno sviluppo predominante, sono ristrettissime.

La {102} è presente in quattro cristalli, e anch'essa con facce ristrettissime. È una forma rara per l'idocrasio; fu scoperta da Zepharovich nei cristalli di Val d'Ala, e trovata in seguito solo poche volte.

3. — Zona [110:001].

Le forme notate in questa zona sono *t*{331}, *b*{221}, *p*{111}, *ι*{112}, *ϑ*{113}, *χ*{119}, oltre la *c*{001} e la *m*{110}, di cui ho parlato descrivendo le due zone precedenti.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$t:m = (331):(110)$	23° 48′ 0″	23° 45′ - 23° 54′	6	23° 41′ 30″	6′ 30″
$t:b = (331):(221)$	9 32 0	9 18 - 9 46	2	9 39 30	— 7 30
$t:p = (331):(111)$	29 9 30	29 2 - 29 16	5	29 5 15	4 15
$t:c = (331):(001)$	66 29 0	66 15 - 66 39	3	66 18 30	10 30
$b:m = (221):(110)$	33 20 0	33 12 - 33 31	4	33 21 0	— 1 0
$b:p = (221):(111)$	19 24 30	19 23 - 19 26	2	19 25 30	— 1 0
$p:m = (111):(110)$	52 45 30	52 15 - 52 58	7	52 46 30	— 1 0
$p:c = (111):(001)$	37 13 0	37 8 - 37 20	8	37 13 30	— 0 30
$\iota:\vartheta = (112):(113)$	6 40 0	—	1	6 35 15	4 45
$\iota:c = (112):(001)$	20 54 0	20 51 - 20 57	2	20 48 0	6 0
$\vartheta:p = (113):(111)$	22 54 30	22 40 - 23 5	19	23 0 45	— 6 15
$\vartheta:c = (113):(001)$	14 14 30	14 1 - 14 20	10	14 12 45	1 45
$\chi:c = (119):(001)$	4 55 0	—	1	4 49 30	5 30

La forma più diffusa e quella che presenta il maggiore sviluppo è la {111}, trovata in 67 cristalli; le sue facce generalmente si prestano a buone misure. Le altre sono tutte forme subordinate e salvo la {113} presente in 32 cristalli, poco frequenti. Difatti la {331} si è trovata 9 volte, la {221} 3 volte, la {112} 2 volte e la {110} una volta sola. Quest'ultima è nuova per l'idocrasio del Vesuvio. Fu scoperta da Zepharovich nell'idocrasio di Val d'Ala, e, a quanto io so, non fu trovata in altri giacimenti.

4. — Zona [210:001].

Fanno parte di questa zona, oltre la *f*{210} e *c*{001} già ricordate, le forme *y_2{841}, *d*{421}, *z*{211}.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$z:f = (211):(210)$	39° 46′	—	1	39° 46′ 30″	— 0′ 30″
$d:c = (421):(001)$	67 23	—	1	67 24 0	— 1 0
$y_2:f = (841):(210)$	11 50	—	1	11 45 30	4 30
$y_2:z = (841):(211)$	27 56	—	1	28 1 0	— 5 0

Sono tutte forme rare. La }211{ è presente in otto cristalli; la }421{ in quattro cristalli.

La }841{ è forma nuova per l'idocrasio; si è trovata nel cristallo $\frac{6822}{48} i_{,,,}$, ma non si poterono misurare che due soli spigoli, e data l'imperfezione e la ristrettezza della faccia (841) si ebbero valori poco esatti. Tuttavia, siccome si è riconosciuto sperimentalmente che la faccia (841) giace nelle due zone [210:001] e [511:1$\bar{1}$0], non vi può essere alcun dubbio sull'esistenza della nuova forma.

5. — Zona [310 : 001].

In questa zona si osservarono le seguenti forme: *h*}310{, *s*}311{, *i*}312{, *c*}001{.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
i:*s* = (312):(311)	19° 15′	—	1	19° 10′ 15″	4′ 45″
i:*c* = (312):(001)	40° 18′	—	1	40° 20′ 30″	— 2′ 30″

Furono già descritte la }310{ e la }001{. La }312{ e la }311{ sono forme subordinate. Di esse la più diffusa è la }312{, presente in 35 cristalli, e generalmente con piccole facce triangolari molto lucenti. La }311{ si trova in 32 cristalli, e spesso è accompagnata dalle forme }511{, }211{ e }312{.

6. — Zona [312 : 100].

Le forme di questa zona: *i*}312{ e *a*}100{ furono già studiate precedentemente.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
i:*a* = (312):(100)	52° 15′	52° 7′ - 52° 37′	28	52° 7′	8′

7. — Zona [011:100].

In questa zona compaiono le forme: v {511} e q {833}, oltre a {100}, s {311}, z {211}, p {111}, o {011}, di cui ho parlato a proposito di altre zone.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$v:a=(511):(100)$	22° 53′ 30″	22° 38′ - 23° 3′	11	22° 55′ 0″	— 1′ 30″
$v:s=(511):(311)$	12 23 0	12 8 - 12 30	9	12 14 30	8 30
$v:z=(511):(211)$	23 46 0	—	1	23 39 30	6 30
$s:a=(311):(100)$	35 21 0	35 5 - 35 41	25	35 9 30	11 30
$s:z=(311):(211)$	11 21 0	—	1	11 25 0	— 4 0
$s:p=(311):(111)$	29 26 30	29 16 - 29 41	12	29 31 0	— 4 30
$q:a=(833):(100)$	38 37 0	—	1	38 23 30	13 30
$z:a=(211):(100)$	46 33 0	46 22 - 46 58	7	46 34 30	— 1 30
$z:p=(211):(111)$	18 12 0	—	1	18 6 0	6 0
$p:a=(111):(100)$	64 50 0	64 43 - 64 54	7	64 40 30	9 30
$p:o=(111):(011)$	25 16 0	25 0 - 25 22	7	25 19 30	— 3 30
$p:p=(111):(\bar{1}11)$	50 38 30	50 25 - 50 49	4	50 39 0	— 0 30

La {511}, che si presenta sempre con facce poco estese, è relativamente diffusa, trovandosi in 13 cristalli. La {833} scoperta dallo Zepharovich nell'idocrasio del giacimento di Val d'Ala, è nuova per l'idocrasio del Vesuvio, e si è trovata solo nel cristallo $\frac{6822}{48} b_{\prime\prime\prime}$.

8. — Zona [221:100].

Appartengono a questa zona forme già descritte o che si descriveranno in altre zone.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$d:a=(421):(100)$	34° 30′	34° 24′ - 34° 36′	2	34° 20′	10′

9. — Zona [312:010].

In questa zona compaiono forme precedentemente studiate.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$i:i = (312):(3\bar{1}2)$	23° 51′	23° 48′ - 23° 55′	3	23° 38′	13′

10. — Zona [221:010].

In questa zona oltre alcune forme già ricordate è presente la forma nuova $*l_1$ {10.8.5}.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$z:b =$ (211):(221)	16° 6′ 0″	—	1	16° 6′ 7″	— 0′ 7″
$l_1:z =$ (10.8.5):(211)	10° 7′ 0	—	1	10° 15′ 30″	— 8′ 30″
$l_1:b =$ (10.8.5):(221)	6° 2′ 30	—	1	5° 50′ 30″	12′ 0″

La nuova forma {10.8.5} è stata trovata nel cristallo $\frac{6822}{48} i_{\prime\prime\prime}$. Dal calcolo risulta che la faccia (10.8.5) della presente zona [221:010] è compresa anche nella zona [885:100]. Per il debole riflesso della faccia ristrettissima (10.8.5) le misure angolari sopra riportate non sono molto esatte, e ciò spiega le notevoli differenze tra esperienza e calcolo.

11. — Zona [101:110].

Le forme di questa zona sono state già studiate.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$z:m =$ (211):(110)	42° 59′	—	1	43° 11′	— 12′
$i:o =$ (312):(101)	15° 50′	—	1	15° 50′	0′

12. — ZONA [311:110].

Anche le forme presenti in questa zona sono state descritte precedentemente.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$d:m = (421):(110)$	28° 32′	—	1	28° 51′	— 19′
$s:m = (311):(110)$	39° 20′	—	1	39° 35′	— 15′
$s:d = (311):(421)$	10° 38′	—	1	10° 44′	— 6′

13. — ZONA [331:210].

Questa zona comprende oltre alcune forme già studiate la bipiramide ottagona $^*l_2$ {751}.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$t:f = (331):(210)$	29° 32′	29° 18′ - 29° 46′	2	29° 41′ 30″	9′ 30″
$l_2:t = (751):(331)$	14° 55′	—	1	14° 35′ 0″	20′ 0″
$l_2:f = (751):(210)$	14° 51′	—	1	15° 6′ 30″	— 15′ 30″

La forma {751} è nuova. Il suo simbolo risulta dalle due misure poco esatte, che si eseguirono sulla faccia ristrettissima (751) del cristallo $\frac{6822}{48} i_{\prime\prime\prime}$, ma si ottiene anche calcolandolo dalle due zone: [331:210] e [311:110], verificabili sperimentalmente; e ciò rende certa la presenza della nuova bipiramide.

14. — ZONA [211:120].

Tutte le forme appartenenti a questa zona sono state descritte eccetto la $^*y_1$ {542}.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$t:z = (331):(211)$	22° 12′	—	1	22° 22′ 0″	— 10′ 0″
$y_1:t = (542):(331)$	8° 14′	—	1	8° 35′ 30″	— 21′ 30″
$y_1:z = (522):(211)$	13° 56′	—	1	13° 46′ 30″	9′ 30″

Anche la {542} è una forma nuova, e per essa devesi ripetere quanto è stato detto per la bipiramide {751} della zona precedente.

La ristrettezza e il poco splendore della faccia (542) non permisero di avere buone misure; ma gli indici si calcolarono anche dalle due zone: [211:120] e [100:221] riconosciute al goniometro. La {542} fu trovata una volta sola nel cristallo $\frac{6822}{48} i_{'''}$.

15. — Zona [102:1$\bar{2}$0].

In questa zona si trovano soltanto forme già note.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$\nu:\vartheta = (102):(113)$	11° 1′	—	1	11° 7′	— 6′

16. — Zona [511:310].

Oltre le forme già note, compare in questa zona la bipiramide ottagona $^{\star}y_3${19.5.2}.

Spigoli misurati	Angoli trovati	Limiti estremi delle esperienze	Numero degli spigoli misurati	Angoli calcolati	Differenze tra esperienza e calcolo
$v:h =$ (511):(310)	21° 13′	—	1	21° 14′	— 1′
$y_3:v =$ (19.5.2):(511)	9° 56′	—	1	9° 54′	2′
$y_3:h =$ (19.5.2):(310)	11° 17′	—	1	11° 20′	— 3′

La {19.5.2}, presente nel solo cristallo $\frac{6822}{58} i_{'''}$ e il cui simbolo si ottiene anche per calcolo delle due zone [511:310] e [452:100], è forma nuova, e sembra sufficientemente determinata, quantunque, come al solito, la poca estensione e il debole splendore della faccia (19.5.2) non abbiano permesso misure molto esatte.

Riassumendo le forme trovate nel presente studio sono in tutto 26. Esse si distinguono come segue:

Pinacoide: c{001};

2 prismi a base quadrata: a{100}, m{110};

4 prismi a base ottagona: h{310}, $^{\star}x_1${940}, f{210}, φ{530};

8 bipiramidi a base quadrata: $t\{331\}$, $b\{221\}$, $p\{111\}$, $\iota\{112\}$, $\vartheta\{113\}$, $\chi\{119\}$, $o\{101\}$, $\nu\{102\}$;

11 bipiramidi a base ottagona: $v\{511\}$, $s\{311\}$, $q\{833\}$, $z\{211\}$, $i\{312\}$, $d\{421\}$, $^*y_1\{542\}$, $^*y_2\{841\}$, $^*y_3\{19.5.2\}$, $^*l_1\{10.8.5\}$, $^*l_2\{751\}$.

Le forme segnate con asterisco sono nuove. Esse quindi sono:

1 prisma a base ottagona: $x_1\{940\}$ trovato nel cristallo $\frac{6822}{48}\,h_{\prime\prime}$;

5 bipiramidi a base ottagona trovate nel cristallo $\frac{6822}{48}\,i_{\prime\prime\prime}$, e cioè:

$y_1\{542\}$	compresa nelle due zone	[211:120]	e	[221:100];
$y_2\{841\}$	» » »	[210:001]	e	[511:110];
$y_3\{19.5.2\}$	» » »	[511:310]	e	[452:100];
$l_1\{10.8.5\}$	» » »	[221:010]	e	[885:100];
$l_2\{751\}$	» » »	[331:210]	e	[311:110];

e si presentano sempre con facce ridottissime e poco splendenti, da cui non si poterono avere buoni riflessi, e furono trovate in un solo cristallo.

Tuttavia è fuori dubbio la presenza delle bipiramidi $\{542\}$, $\{841\}$, $\{751\}$, per ciascuna delle quali si riconobbero sperimentalmente le due zone in cui è compresa; le altre bipiramidi, quantunque siano espresse con simbolo molto semplice, e ciascuna di esse risulti per calcolo all'incontro di due zone conosciute e importanti, hanno bisogno di essere confermate da ulteriori studî. Il prisma $\{940\}$ è poi reso probabile dalla semplicità del simbolo e dal buon riflesso ottenuto, essendo quasi del tutto assente nel cristallo $\frac{6822}{48}\,h_{\prime\prime}$ la striatura della zona prismatica.

Le forme $\varphi\{530\}$, $\chi\{119\}$, $q\{833\}$ sono state trovate per la prima volta nell'idocrasio del Monte Somma.

Esse vengono a costituire le combinazioni riportate nei seguenti quadri:

I TIPO (forme dominanti: $a\{100\}$ $p\{111\}$)

Numero di collezione del cristallo	Forme trovate
$\frac{6822}{48}$	*a p m f c t b o v s z i*

II TIPO (forme dominanti: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$)

N.° di collezione del cristallo	Forme trovate	N.° di collezione del cristallo	Forme trovate
$\frac{6822}{48} c_{'''}$	*c a m f*	$\frac{6823}{49} a$	*c a m f h p s*
$\frac{6823}{49} d$	„	$\frac{6823}{49} a_{'}$	*c a m f h p o*
$\frac{6823}{49} i$	„	$\frac{6834}{60} a$	*c a m f p o s*
$\frac{6821}{47}$	*c a m p* ϑ	$\frac{6823}{49} d_{'}$	*c a m f p* ϑ *o s*
$\frac{6822}{48} h_{''}$	*c a m* x_1 χ	$\frac{6823}{49} e_{'}$	*c a m f h p o s*
$\frac{6823}{49} e$	*c a m f h*	$\frac{6819}{45}$	*c a m h p* ϑ *o v s*
$\frac{6822}{48} a_{''}$	„	$\frac{6823}{49} h_{'}$	*c a m f h t p s d*
$\frac{6822}{48} b_{'''}$	*c a m h q*	$\frac{6799}{25}$	*c a m f t p o s d*
$\frac{6823}{49}$	*c a m f h d*	$\frac{6822}{48} h_{'}$	*c a m f h t p o v s i*

III TIPO (forme dominanti: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$)

$\frac{6822}{48} c_{''}$	*c a m p*	$\frac{6822}{48} i_{''}$	*c a m p f o*
$\frac{6822}{48} e_{'}$	*c a m p f*	$\frac{6803}{29} d$	*c a m p f* ϑ *s*
$\frac{6823}{49} c_{'}$	„	$\frac{6803}{29} h$	*c a m p f h s*
$\frac{6822}{48} k_{'''}$	*c a m p o*	$\frac{6822}{48} b$	*c a m p f h o*
$\frac{6789}{15}$	*c a m p f* ϑ	$\frac{6822}{48} d_{'}$	*c a m p f z i*
$\frac{6822}{48} i_{'}$	„	$\frac{6822}{48} k_{''}$	*c a m p f o i*
$\frac{6822}{48} b_{''}$	„	$\frac{6823}{49} g_{'}$	„
$\frac{6798}{24}$	*c a m p f s*	$\frac{6834}{60}$	„

(*Segue*) III TIPO (forme dominanti: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$)

N.° di collezione del cristallo	Forme trovate	N.° di collezione del cristallo	Forme trovate
$\frac{6822}{48}\,h_{'''}$	*campfϑo*	$\frac{6803}{29}\,c$	*campfhosi*
$\frac{6803}{29}\,b$	*campfϑsi*	$\frac{6803}{29}\,g$	*campfhvsi*
$\frac{6803}{29}\,e$	»	$\frac{6814}{40}\,a$	*campfϑosi*
$\frac{6822}{48}\,f_{'''}$	*campfϑoi*	$\frac{6822}{48}\,g_{''}$	*campfϑosz*
$\frac{6822}{48}\,a$	»	$\frac{6822}{48}\,a_{'''}$	*campfϑovsi*
$\frac{6823}{49}\,f$	*campfovi*	$\frac{6792}{18}$	*campfhϑoszi*
$\frac{6803}{29}\,f$	*campfφϑo*	$\frac{6822}{48}\,d_{''}$	*campftbϑovszi*
$\frac{6822}{48}\,f$	*campftos*	$\frac{6803}{29}$	*campfhtιϑoνvsi*
$\frac{6822}{48}\,c_{'}$	*campfovs*	$\frac{6822}{48}\,i_{'''}$	*campfhtbϑovsz* $i\,l_1\,l_2\,y_1\,y_2\,y_3$
$\frac{6803}{29}\,a$	*campfhϑoi*		

IV TIPO (forme dominanti: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$, $o\{101\}$)

N.° di collezione del cristallo	Forme trovate	N.° di collezione del cristallo	Forme trovate
$\frac{6822}{48}\,f_{''}$	*campof*	$\frac{6822}{48}\,e$	*campohθi*
$\frac{6823}{49}\,b_{'}$	»	$\frac{6822}{48}\,k_{'}$	*campofνi*
$\frac{6822}{48}\,d$	*campoϑi*	$\frac{6822}{48}\,g_{'''}$	*campofvs*
$\frac{6822}{48}\,f_{'}$	*campofν*	$\frac{6823}{49}\,b$	*campofϑi*
$\frac{6822}{48}\,g_{'}$	*campofi*	$\frac{6822}{48}\,e_{'''}$	»
$\frac{6822}{48}\,d_{'''}$	*camposd*	$\frac{6823}{49}\,c$	*campohfi*
$\frac{6814}{40}$	*campofsi*	$\frac{6823}{49}\,h$	*campoftϑ*

(*Segue*) IV TIPO (forme dominanti: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$, $o\{101\}$)

N.° di collezione del cristallo	Forme trovate
$\frac{6822}{48}c$	*c a m p o h f s i*
$\frac{6822}{48}e_{\prime\prime}$	*c a m p o f* ϑ *s i*
$\frac{6822}{49}a_{\prime}$	*c a m p o f h* ϑ *v i*
$\frac{6822}{48}b_{\prime}$	*c a m p o f h* ι ϑ *i*
$\frac{6823}{49}g$	*c a m p o f h* ϑ *z i*
$\frac{6823}{49}i_{\prime}$	*c a m p o f* ϑ *v s i*
$\frac{6823}{49}f_{\prime}$	*c a m p o f* ϑ *v s z i*

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE DIVERSE COMBINAZIONI.

Numero delle forme semplici che costituiscono le varie combinazioni	I TIPO	II TIPO	III TIPO	IV TIPO	TOTALI
4	—	1	1	—	2
5	—	4	2	—	6
6	—	1	3	1	5
7	—	3	6	4	13
8	—	2	6	7	15
9	—	3	5	2	10
10	—	—	1	4	5
11	—	1	1	1	3
12	1	—	—	—	1
13	—	—	1	—	1
14	—	—	1	—	1
19	—	—	1	—	1
Totali delle diverse combinazioni	1	15	28	19	63

Dal presente studio risultano quindi 63 combinazioni diverse. In generale i cristalli sono ricchi di facce essendo molto diffuse le combinazioni di 7, 8 e 9 forme semplici. Il tipo di combinazione più frequente è il III, a cui si riferiscono 28 combinazioni.

Relativamente alla distribuzione delle forme semplici nei 75 cristalli studiati è utile riassumere quanto fu detto trattando delle diverse zone con il quadro seguente:

La forma	c {001}	fu trovata in	75	cristalli
"	a {100}	"	75	"
"	m {110}	"	75	"
"	p {111}	"	67	"
"	f {210}	"	66	"
"	o {101}	"	51	"
"	i {312}	"	35	"
"	s {311}	"	32	"
"	ϑ {113}	"	32	"
"	h {310}	"	24	"
"	v {511}	"	13	"
"	t {331}	"	9	"
"	z {211}	"	8	"
"	d {421}	"	4	"
"	ν {102}	"	4	"
"	b {221}	"	3	"
"	ι {112}	"	2	"
"	φ {530}	"	1	"
"	χ {119}	"	1	"
"	q {883}	"	1	"
"	x_1 {940}	"	1	"
"	y_1 {542}	"	1	"
"	y_2 {841}	"	1	"
"	y_3 {19.5.2}	"	1	"
"	l_1 {10.8.5}	"	1	"
"	l_2 {751}	"	1	"

Sono quindi forme costanti: {001}, {100}, {110}

diffusissime: {111}, {210}, {101};
diffuse: {312}, {311}, {113}, {310}, {511};
rare: {331}, {211}, {421}, {102}, {221}, {112};
rarissime: {530}, {119}, {883}, {940}, {542}, {841}, {19.5·2}, {10.8.5}, {751}.

Per il confronto tra l'idocrasio del Vesuvio e quello di analoghi giacimenti dell'Italia centrale ho consultato le seguenti Memorie: G. Strüver, *Studi sui mine-*

nerali del Lazio, R. Acc. Lincei, 1877; L. Fantappiè, *Sui prodotti vulcanici della zona tufacea superiore occidentale dei Monti Vulsini tra Farnese S. Quirico e Pitigliano*, R. Acc. dei Lincei, 1898; F. Zambonini, *Ueber einige Mineralien von Canale Monterano in der Provinz Rom*, Groth. Zeitsch. f. Kryst. B. XL, S. 49, 1904.

Da esse e specialmente da quella dello Strüver, che è la più estesa, risulta che tra le forme cristalline dell'idocrasio delle due località esiste una grande analogia « analogia assai maggiore di quella che esiste tra le varietà del Lazio e quelle provenienti da terreni non vulcanici » come fa notare lo Strüver. Nel Lazio e regioni circonvicine furono trovate le seguenti forme:

$$\{001\}, \{110\}, \{100\}, \{310\}, \{210\}, \{113\}, \{111\}, \{331\}, \{101\}, \{201\},$$
$$\{211\}, \{311\}, \{511\}, \{421\}, \{312\},$$

che si ebbero anche per l'idocrasio del Monte Somma. Quest'ultimo però presenta molte forme ancora non conosciute per i cristalli dei giacimenti laziali e prossimi al Lazio, ma ciò non toglie l'analogia.

È notevole la grande divergenza delle costanti per le diverse varietà dell'idocrasio dei giacimenti vulcanici dell'Italia centrale.

Lo Strüver per i cristallini limpidi di color giallo miele ammette le costanti $a:a:c::1:1:0{,}5372$ uguali a quelle date da Zepharovich per una parte almeno dei cristalli del Monte Somma, e per i cristalli neri $a:a:c::1:1:0{,}5278$. Zambonini riporta un valore medio $a:a:c::1:1:0{,}53094$.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

FIG. 1. — Proiezione stereografica delle forme incontrate nel presente studio.

FIG. 2. — Disegno del cristallo n.° $\frac{6822}{48}$.

FIG. 3. — » » » $\frac{6803}{29}$.

FIG. 4. — » » » $\frac{6822}{48}$ $i_{,,,}$.

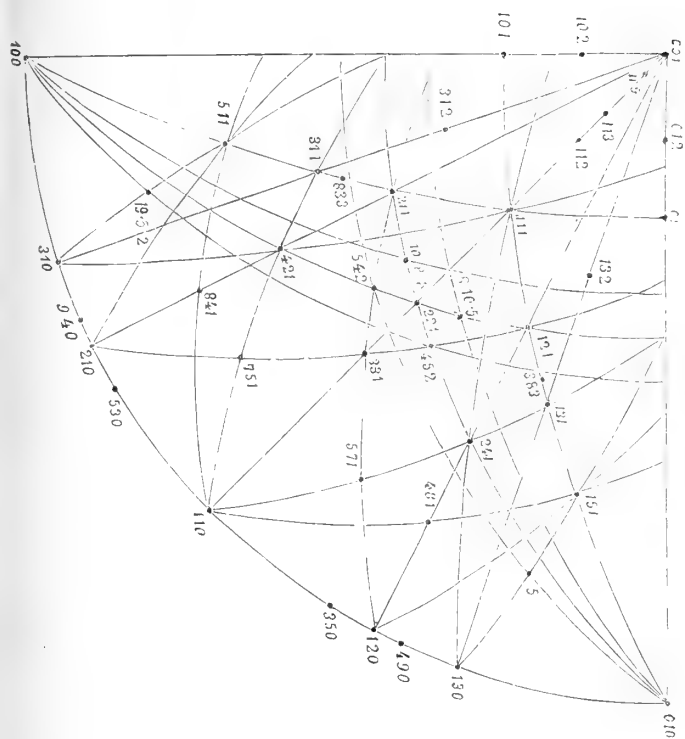



Fig. 1

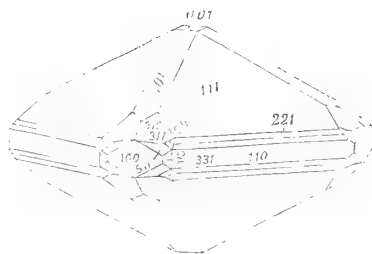



Fig. 2.

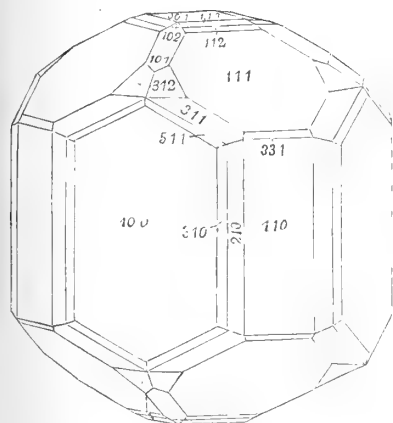



Fig. 3

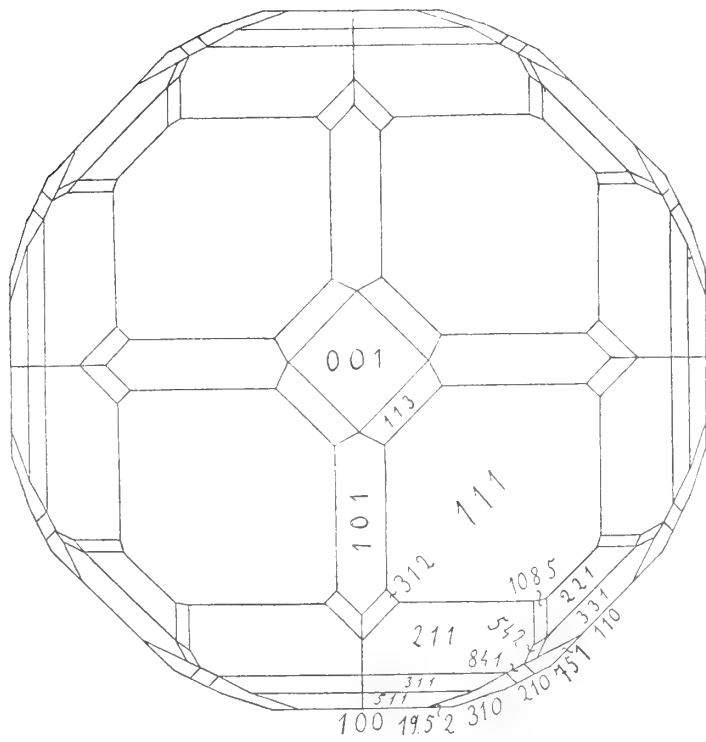



Fig. 4.

RELAZIONE

del Socio NASINI, relatore, e del Socio CIAMICIAN, letta nella seduta del 6 novembre 1910, sulla Memoria della signora M. TRAUBE MENGARINI e di A. SCALA, intitolata: *Azione dell'acqua distillata e dell'acqua distillata contenente elettroliti sul piombo metallico.*

La signora M. Traube Mengarini e il signor Alberto Scala studiano l'azione dell'acqua distillata pura e dell'acqua distillata contenente elettroliti sul piombo metallico. Questo argomento è stato oggetto di molteplici ricerche sia dal punto di vista teorico, sia da quello igienico e industriale. Gli AA. considerano la questione sotto varî aspetti, alcuni dei quali non presi in esame dagli sperimentatori precedenti: esaminano le sostanze che si formano per l'azione dell'acqua distillata sul piombo metallico all'aria e in ambiente incompletamente privo di ossigeno, poi in ambiente completamente privo di esso e finalmente in presenza di elettroliti tanto all'aria che in ambiente non del tutto privo di ossigeno. Essi ammettono la formazione di piombo colloidale e rispettivamente di ossido idrato di piombo pure allo stato colloidale ed in relazione con ciò spiegano l'azione degli elettroliti. Si tratta, a prescindere anche dalle considerazioni teoriche ed esplicative, di esperienze accuratamente eseguite, ben descritte e ben documentate, sopra un argomento molto importante e che si riattacca a quello generale ancor più importante dell'azione dell'acqua pura sui metalli: quindi la Commissione è di parere che la Memoria corredata di molti dati numerici e di tavole sia meritevole di essere inserita negli Atti accademici.

Azione dell'acqua distillata e dell'acqua distillata contenente elettroliti sul piombo metallico.

Memoria di M. TRAUBE MENGARINI ed A. SCALA [1]

(con una tavola)

I lavori sperimentali, pubblicati sino ad ora, sulle condizioni che favoriscono od ostacolano la soluzione e la corrosione del piombo, per parte delle acque potabili, sono assai numerosi, ed il riassumerli sarebbe opera oltremodo ponderosa e non opportuna in questa Memoria, la quale ha per obbietto l'esposizione dei fatti da noi osservati e di una nostra ipotesi sullo stato colloidale.

Cotesti lavori, iniziati da Guyton de Morveau e proseguiti da Chevreuil ([2]), Dumas ([3]), Le Blanc ([4]), Camponillon ([5]), Marais ([6]), Charleton-Williams ([7]), Grahm, Hoffmann e Miller ([8]); Barbaglia e Gucci ([9]), Bobierre ([10]), Muller, Antony e Benelli ([11]),Huston ([12]), ecc., riguardano la solubilità del piombo nell'acqua nelle condizioni più diverse, e potrebbero considerarsi come esaurienti, se non divergessero sul punto più importante, e cioè sulla solubilità del piombo nell'assenza dell'ossigeno,

Il quadro dato dall'Huston ([13]), e che riproduciamo qui appresso, dà un'idea completa delle condizioni nelle quali il piombo, può essere corroso o non corroso dall'acqua distillata neutra e pura; il solvente di cui noi ci occupiamo in questa Memoria.

([1]) Trasmessa all'Accademia nella seduta del 5 giugno 1910.
([2]) Compt. rend., 77, 1137.
([3]) Compt. rend., 77, 1054.
([4]) Compt. rend., 77, 1060.
([5]) Compt. rend., 77, 1273.
([6]) Compt. rend., 77, 1830.
([7]) Jahresh. f. techn. Chem. 1887, 1128.
([8]) citati da Antony e Benelli, Gazz. chim. ital., 26, Parte II^a, 97.
([9]) Società toscana 1887, 89.
([10]) Compt. rend., 77, 1272.
([11]) Gazz. chim. ital., 26, Parte II^a, 353.
([12]) Thirty first annual report of the local Government Board 1901-902. Supplement.
([13]) Loc. cit., pag. 60.

Sostanze o condizioni che non influenzano sensibilmente la corrosione.	Sostanze o condizioni che aumentano il potere erosivo.	Sostanze o condizioni che inibiscono più o meno la corrosione.	Sostanze o condizioni che ritardano piuttosto che inibiscono, la corrosione.
Silice, flint in polvere, polarite in polvere dibattute con acqua e poi filtrata.	Nitrato d'ammonio.	Assenza di ossigeno.	Acidi minerali concentrati ed acque acide per acido carbonico (?)
Ripetuta filtrazione attraverso calcare.	Aereazione completa.	Saturazione con idrogeno puro.	Aereazione imperfetta.
Conservazione per molto tempo in bottiglie non piene e non chiuse, oppure piene e chiuse.	Contatto prolungato.	Saturazione con ossigeno puro.	
Bollitura se seguita da aereazione.	Esposizione libera della superficie liquida all'aria.	Carbonato di ammonio.	
Gorgogliamento dell' aria nell'acqua.		Carbonato di sodio.	
Saturazione con idrogeno, se seguita da aereazione.		Bicarbonato di calcio.	
Distillazione ripetuta.		Fosfato di calcio.	
Presenza od assenza di luce.		» di sodio.	
Presenza di nitrati e nitriti di sodio (?)		Solfato di magnesio.	
Eliminazione dei gas disciolti, se seguita da aereazione.		» di calcio.	
		Cloruro di ammonio.	
		» di sodio.	
		Piombo ossidato.	
		Acque contenenti carbonati terrosi.	
		Leghe di piombo e stagno.	

In esse vediamo che, mentre secondo l'Huston il piombo non si scioglie nell'acqua distillata e disaereata, secondo Antony e Benelli invece esso si scioglie nella quantità di gr. 0,0819 per litro, che non si può dire piccola e non avvertibile.

Le divergenze fra questi sperimentatori si spiegano forse considerando l'aspetto che, secondo le nostre osservazioni, l'acqua distillata presenta allorchè vi si immerga il piombo e ivi lo si lasci fuori del contatto dell'aria. Poichè, in queste condizioni, essa rimane limpida, e ne vedremo le ragioni; mentre, in presenza dell'aria, diviene prima opalescente, poi torbida, e finalmente lascia depositare una materia bianca cristallina, in quantità più o meno abbondante.

Noi abbiamo voluto riprendere lo studio delle reazioni che avvengono tra il piombo e l'acqua distillata, non già per aggiungere una nuova serie di esperienze alle tanto numerose già esistenti, ma per dare una spiegazione dei fatti e delle divergenze già note e perchè, dopo aver trovato che l'acqua distillata porta in soluzione colloidale l'argento ed il platino, abbiamo supposto che lo stesso possa avvenire anche per il piombo.

È una convinzione universalmente acquisita, che la corrosione del piombo sia causata dall'ossigeno dell' aria sciolto nell' acqua come tale, o prima trasformato in ozono ed acqua ossigenata, secondo Schoenbein; oppure da una contemporanea azione

dell'ossigeno e dell'acido carbonico. Nel primo caso si formerebbe ossido idrato di piombo, abbastanza solubile nell'acqua; nell'altro, idrocarbonato di piombo cristallino insolubile. E l'intervento dell'acido carbonico spiegherebbe, in certo modo, i casi di corrosione, sia col passaggio del piombo corroso in soluzione, sia trasformato allo stato insolubile. Perchè l'ossido idrato, in soluzione in un primo momento, in presenza di una giusta quantità di acido carbonico passerebbe interamente allo stato di carbonato neutro e si eliminerebbe; in presenza di una quantità scarsa, una porzione dell'ossido idrato rimane in soluzione; in presenza di una quantità abbondante, il carbonato neutro passerebbe nuovamente in soluzione come carbonato acido.

Ma tuttociò non spiega il fatto che molte acque potabili, che pur contengono ossigeno ed acido carbonico, non corrodono il piombo: onde la necessità di supporre una protezione offerta dai sali disciolti, che ricoprirebbero la superficie in contatto coll'acqua di uno strato deposto, più o meno spesso. Non spiega altresì la corrosione del piombo nell'acqua distillata priva di aria, e perciò di ossigeno e di acido carbonico, se non ammettendo che l'ambiente nel quale si trova l'acqua fosse solo in parte privato dell'ossigeno.

Completamente oscura è poi la deposizione dello stato protettivo di sali sul piombo e solo chimicamente spiegabile nel caso che in soluzione nell'acqua siano carbonati acidi, capaci di formare col piombo un doppio carbonato insolubile: ma nel caso di altri sali, che pure sono protettivi e che hanno un anione che col piombo forma un sale solubile, la spiegazione non è possibile, se non ricorrendo a reazioni complicate, oscure, e perciò molto dubbie.

Le nostre esperienze sono state divise in 4 parti:

1° Azione dell'acqua distillata pura e neutra sul piombo metallico, all'aria.

2° Azione dell'acqua distillata pura e neutra sul piombo metallico, in ambiente incompletamente privo di ossigeno.

3° Azione dell'acqua distillata pura e neutra sul piombo metallico, in ambiente privo di ossigeno.

4° Azione, dell'acqua distillata pura e neutra, sul piombo metallico, contenente determinate quantita di elettroliti all'aria, od in ambiente incompletamente privo di ossigeno.

Azione dell'acqua distillata pura e neutra sul piombo metallico all'aria [1].

In un Becher di vetro di Iena, della capacità di 400 centimetri cubi, si mettevano 100 centimetri cubi di acqua distillata recentissima, ottenuta seguendo le note regole per le determinazioni di conducibilità [2], e vi si immergeva una lamina di piombo nella

[1] In tutte le nostre esperienze abbiamo trascurato l'influenza della luce diffusa, sulla corrosione del piombo, perchè altri ha dimostrato che essa è nulla o, per lo meno, molto piccola. In ogni modo, noi abbiamo operato sempre nelle identiche condizioni.

[2] *Preparazione dell'acqua distillata.* — In un pallone di vetro di Jena, con lungo collo, si metteva una sufficiente quantità di acqua distillata resa alcalina con idrato di barite. Il pallone si congiungeva con un refrigerante, parte di vetro di Jena, parte di vetro comune in uso continuato

quale era stata accuratamente scoperta la superficie metallica mediante carta smerigliata finissima, posata sul fondo ed appoggiata in alto alla parete del Becher.

La lamina aveva una larghezza di cm. 5,5, uno spessore di mm. 3, ed immergeva per una altezza media, calcolata sulle due superfici maggiori, di cm. 3; sicchè la superficie di piombo in contatto coll'acqua era di cm. 33,04. In ogni esperienza si copriva la bocca del Becher, adagiandovi un pezzo di carta, per impedire nel miglior modo la caduta del pulviscolo atmosferico nell'acqua, non alterando gran che lo scambio dell'aria,

La lamina non era di piombo puro, ma di piombo commerciale, contenente cioè altri metalli come impurezze, i quali però, in così piccola quantità, non disturbano affatto la reazione da studiare od il suo andamento.

E ci siamo potuti convincere di ciò, facendo esperienze di confronto con piombo purissimo in cilindri, fornitoci dalla ditta Kahlbaum di Berlino.

Qualche minuto dopo la immersione, attorno alla lamina appariva una nubecola bianca, che mano mano ingrandiva e col tempo si diffondeva in tutta la massa liquida, così da render questa, prima opalescente, poi torbida. In seguito, nel fondo del Becher si depositava una sostanza bianca, fioccosa, costituita apparentemente di laminette più o meno grandi, e sulla parte immersa della lamina si formava una patina bianca delicatissima, piuttosto spessa e formata visibilmente di laminette aderenti alla superficie del piombo le quali si distaccavano mano a mano ed aumentavano il deposito nel fondo del Becher.

La lamina di piombo, dopo che era stata immersa per un numero di ore, innanzi stabilito, si sollevava un pochino, e con una barba di penna si nettava accuratamente della patina bianca, facendo questa passare nell'acqua e finalmente lavando la detta lamina con un getto sottilissimo di acqua distillata.

Nel liquido così ottenuto si determinava il piombo, aggiungendo prima alcune goccie di acido cloridrico puro che trasformava l'ossido idrato ed il carbonato, che erasi potuto formare in piccolissima quantità, in cloruro di piombo solubile, ed il liquido da torbido in limpidissimo; poi facendo passare attraverso ad esso una corrente di idrogeno solforato.

Il solfuro di piombo si raccoglieva su di un filtro di cui erano note le ceneri; si lavava accuratamente con acqua distillata solfidrica e si faceva seccare in stufa.

---

da alcuni anni. La parte estrema del refrigerante si congiungeva mediante un turacciolo di gomma con un racooglitore tubulato lateralmente e pure in uso da molto tempo. Per la tubulatura laterale questo si univa con due bottiglie di lavaggio: una delle quali conteneva acqua distillata, l'altra una soluzione piuttosto concentrata di potassa caustica.

La distillazione s eseguiva facendo bollire moderatamente e non tnmultuariamente l'acqua nel pallone, tenendo unite le bottiglie di lavaggio col raccoglitore, ia modo da permettere all'aria interna di uscire. Si trascurava l'acqua che distillava nel primo quarto d'ora, e si raccoglieva la successiva finchè era riempito il raccoglitore. A questo punto si smetteva di distillare e si voltavano le due bottiglie di lavaggio così da permettere all'aria esterna di entrare priva di acido carbonico e di altre impurità.

Il filtro col solfuro si bruciava in un crogiuolo pesato; il residuo si trattava con alcune goccie di acido nitrico concentrato, che si faceva evaporare con piccolissima fiamma e finalmente con alcune goccie di acido solforico concentrato, che pure si faceva evaporare con piccolissima fiamma.

Il crogiuolo col residuo di solfato di piombo si faceva arroventare leggermente, si lasciava freddare e si pesava.

In alcuni saggi qualitativi abbiamo potuto constatare altresì che, filtrando il liquido torbido per un sol filtro Berzelius, il filtrato limpido conteneva piombo, e che lasciando lo stesso liquido per qualche giorno, sia all'aria dell'ambiente, sia sotto una campana con potassa caustica, fuori della influenza dell'acido carbonico, diventava limpido naturalmente, e, decantato e trattato direttamente, coi reattivi detti,non dava più reazione del piombo.

Nella seguente tabella raccogliamo i risultati delle nostre determinazioni:

Quantità di acqua distillata . . . . cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . cm². 33,04

Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.	Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
18	0,0219	0,00121	23	0,0255	0,00110
18	0,0221	0,00122	24	0,0239	0,00099
18	0,0264	0,00146	24	0,0325	0,00135
18	0,0255	0,00141	144	0,0993	0,00069
18	0,0221	0,00122	240	0,0875	0,00036
18	0,0243	0,00135	—	—	—

Questi risultati dimostrano che la corrosione del piombo, alla temperatura dell'aria dell'ambiente, progredisce proporzionalmente al tempo fino ad un certo punto, poi diminuisce considerevolmente.

Per la qual cosa è lecito supporre che nel sistema ossido idrato deposto, ossido idrato in soluzione e piombo, vi sia la tendenza ad un equilibrio, per raggiungere il quale però è necessario che si annulli la velocità di aggregazione (¹) o quell'attitudine propria dell'ossido idrato a dare cristalli grandi, definiti, e che non ripassano più in soluzione (²). A ciò pare che non si arrivi se non dopo un tempo molto lungo, se pure vi si arriva; onde una continua e più tenue corrosione ed una continua diminuzione di piombo corsoso.

(¹) Von Weimarn, Koll. Zeitschr. 5, pag. 219, an. 1909; 6, pag. 181, an. 1910.
(²) Ostwald W., Grundriss der Kolloidchemie, 326, an. 1909.

E che la velocità di aggregazione non sia che ritardata, lo dimostra il fatto che, estraendo dall'acqua la lamina di piombo, ed eliminando uno dei fattori di equilibrio, l'ossido idrato in soluzione, dopo breve tempo, si deposita interamente.

Non si può ammettere, d'altra parte, che tale diminuzione od arresto sia dovuto ad una parziale deposizione di carbonato di piombo sulla lamina e da una conseguente sottrazione di superficie metallica dal contatto dell'acqua, perchè l'acido carbonico dell'aria difficilmeate arriva alla lamina, trattenuto o combinato dall'ossido idrato in soluzione.

Non si può ammettere ancora che la superficie metallica si ricopra di uno strato sottile di protossido per cui essa sia sottratta all'azione corrodente dell'acqua, perchè l'ossigeno dell'aria in questo fenomeno non ha che un'azione secondaria, quale è quella di trasformare, come vedremo, in ossido idrato il piombo passato in soluzione; e quindi la sua azione può difficilmente esplicarsi sulla lamina.

Azione dell'acqua distillata pura e neutra sul piombo metallico in ambiente incompletamente privo di ossigeno.

In un Becher di 400 centimetri cubi di capacità si mettevano 100 centimetri cubi di acqua distillata recentissima; poi si disponeva su di un piatto per il vuoto e si ricopriva con una campana di cristallo tubolata nella parte superiore.

La tubolatura si chiudeva con un turacciolo di gomma munito di un foro per il quale passava una grossa bacchetta di vetro terminata ad uncino nella parte inferiore.

A questo uncino si sospendeva la lamina di piombo tersa, la quale poteva esser alzata ed abbassata senza far entrare aria nell' interno.

Si metteva in funzione la pompa, tenendo la lamina fuori dell'acqua, sospesa sul Becher; si aspettava per 12 ore all' incirca, facendo sempre funzionare la pompa, coll' intento di ottenere il massimo vuoto raggiungibile e di eliminare nel miglior modo l'aria dall'acqua; poi si abbassava la lamina, immergendola e lasciandola il tempo stabilito innanzi, senza mai far cessare l'azione della pompa.

In tutte le esperienze il liquido appariva limpido, ricoperto però di uno strato più o meno spesso, in relazione col tempo, di una materia bianca formata di cristalli laminari, immersi nell'acqua e nettamente visibili, guardando lo strato nella sua parte inferiore.

Non appena si formava questo strato superficiale, appariva una specie di vuoto attorno alla lamina, il quale vuoto era anche ritratto sul fondo del Becher, che si copriva di una tenuissima polvere bianca, meno che in vicinanza della lamina.

Passato il tempo stabilito, si estraeva la lamina dall'acqua, a cui non aderiva visibilmente alcuna patina cristallina, e si faceva entrare l'aria.

Dopo poco, nel liquido si manifestava un intorbidamento bianco, che sembrava aumentare leggermente col tempo.

La determinazione del piombo in questo liquido si faceva seguendo il metodo, descritto poco fa; i risultati delle determinazioni sono raccolti nella seguente tabella:

Quantità di acqua distillata, ... cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . . cm. 33,04

Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
24	0,0128	0,00063
40	0,0151	0,00038
48	0,0190	0,00041
144	0,0199	0,00014

Da cotesti risultati si rileva che la corrosione del piombo nel vuoto progredisce quasi proporzionalmente fino a 48 ore, per poi rimanere stazionaria, diversamente da quanto avviene all'aria, ove l'arresto si intravvede soltanto.

Oltre a ciò, la quantità di piombo corroso è molto minore, per lo stesso tempo di immersione, nel vuoto che non all'aria; il che dimostra la grande importanza dell'ossigeno nel fenomeno della corrosione, e farebbe dubitare che il piombo sia corroso, in assenza assoluta di questo. Poichè il vuoto raggiunto era sempre relativo e l'azione continua della pompa, se permetteva di conservare sempre lo stesso vuoto, facilitava il passaggio di piccole quantità di aria esterna attraverso l'ambiente.

Perciò la corrosione si poteva sempre supporre dovuta all'ossigeno, e non all'acqua distillata, e limitatamente alla quantità presente di questo.

Però contro questo dubbio sta il fatto che la pellicola bianca si forma all' inizio tutto intorno alla lamina ed un po' distante da essa; e sta anche il fatto che l'acqua limpida al disotto della patina bianca si intorbida all'aria. Per cui si può supporre che il piombo passi come tale, prima in soluzione nell'acqua: poi, per una reazione secondaria, si trasformi in ossido idrato, che si rende visibile all'occhio.

Con tale supposizione, di cui parleremo più oltre ancora, si spiegherebbe anche l'arresto della corrosione, il quale arresto dovrebbe coincidere colla saturazione della soluzione metallica; e si spiegherebbe la corrosione continuata all'aria, ove cotesta saturazione non si può mai raggiungere, formandosi ed eliminandosi continuamente ossido idrato.

Ma per dimostrare ciò, era necessario di operare in ambiente assolutamente privo di ossigeno, o quasi.

Azione dell'acqua distillata pura e neutra sul piombo metallico in ambiente privo di ossigeno.

In un Becher di vetro di Iena, di 400 centimetri cubi di capacità, si mettevano 100 centimetri cubi di acqua distillata recentissima, ed il Becher si disponeva nel mezzo di un ampio cristallizzatore posato sul piatto di un apparecchio per il vuoto e contenente una soluzione concentrata di pirogallato di potassio.

Il tutto si copriva colla campana tubolata, dopo avere appeso all'uncinetto della bacchetta di vetro la lamina pulimentata, in modo che questa rimanesse sospesa al disopra ed in corrispondenza dell'apertura del Becher.

Si faceva il vuoto, mantenendo in funzione la pompa per 24 ore col fine di eliminare dal liquido l'aria nel miglior modo possibile; poi si riempiva il vuoto con aria fatta passare bolla a bolla attraverso ad una soluzione concentrata di pirogallato, e si attendeva ancora per 24 ore, affinchè l'ossigeno nell'ambiente fosse completamente assorbito.

Dopo ciò, si immergeva la lamina nell'acqua e vi si lasciava per un tempo determinato, durante il quale potemmo osservare che alla superficie del liquido non si formava alcun velo o patina bianca, ma semplicemente, dopo un mese all'incirca, un pulviscolo grigio tenuissimo, che non aumentava col tempo visibilmente.

Il liquido limpidissimo, estratto con una lunga pipetta affilata, per la tubolatura della campana, si intorbidava istantaneamente all'aria, e l'intorbidamento si risolveva poco dopo in un precipitato cristallino bianco di ossido idrato di piombo.

Ciò dimostra evidentemente che l'ossigeno dell'aria, nella corrosione del piombo, ha una parte puramente secondaria, poichè il piombo passa nell'acqua distillata fredda allo stato metallico e vi si mantiene fino a che non intervengano cause disturbatrici secondarie.

Per la qual cosa è lecito, anche in questo caso, di supporre che si formi un equilibrio, per il quale rimanga sempre identica, o quasi, la quantità di piombo della soluzione, indipendentemente dal tempo della immersione della lamina.

Difatti i risultati esposti nella seguente tabella dimostrano la fondatezza di cotesta supposizione.

Quantità di acqua distillata . . . cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . cm. 33,04

Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.
42	0,0069
72	0,0078
96	0,0092
2 a 3 mesi	0,0089

Però, il ragionamento testè fatto non ha più alcun valore se si ammette, come si fa generalmente, che l'ossido idrato sia solubile nell'acqua, perchè in tal caso la saturazione si conseguirebbe a spese dell'ossido separatosi, e l'attacco del piombo dovrebbe cessare.

Ma l'ossido idrato non è in realtà solubile nell'acqua; come dimostreremo in seguito e come si può supporre dalla comparsa immediata della nubecola, allorchè si immerga il piombo nell'acqua distillata all'aria, e dalla permanenza di una opalescenza in tutta la massa liquida, allorchè si agiti il liquido. All'inizio dell'attacco, l'ossido idrato è in quantità così tenue che esso dovrebbe sciogliersi per intero se fosse realmente solubile.

Azione, sul piombo metallico dell'acqua distillata pura e neutra contenente dederminate quantità di elettroliti, all'aria ed in ambiente incompletamente privo di ossigeno.

Soluzione 0,25 °/₀ *di nitrato di potassio all'aria.* — In un Becher di vetro di Iena, di 400 cmc. di capacità, si mettevano100 cmc. di soluzione di nitrato di potassio, ed in questa si immergeva una lamina di piombo, tersa.

Il Becher, posto nell'ambiente alla luce diffusa, si copriva con carta da filtro e si lasciava così per il tempo stabilito.

Dopo 12 o 24 ore si vedeva la parte immersa della lamina coperta di una patina bianca cristallina, talvolta spessa, talvolta esile, anche in esperienze fatte apparentemente nelle identiche condizioni, e l'acqua perfettamente limpida e non contenente affatto piombo, esaminata coi reattivi, acido solfidrico ed acido solforico, senza filtrarla.

La determinazione del piombo corroso è stata fatta, distaccando accuratamente la patina con una barba di penna e strofinando con questa nel miglior modo la lamina, tenuta sempre immersa nella soluzione; e si lavava finalmente e rapidamente con un getto sottile di acqua distillata,

I risultati di queste determinazioni sono raccolti nella seguente tabella:

Soluzione di nitrato di potassio 0,25 °/₀ cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . cm. 33,04
Piombo in soluzione nel liquido . . . 0

Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
24	0,0126	0,00052
48	0,0531	0,00110
144	0,2693	0,00187

Dai quali apparisce che la corrosione aumenta col tempo, sebbene non proporzionalmente a questo.

Per la qual cosa, acquista valore la supposizione fatta per spiegare l'arresto della corrosione con acqua distillata, perchè, in questo caso, l'ossido idrato non passa affatto in soluzione e perciò l'acqua è sempre in grado di agire come nel momento iniziale.

Però, se si spiega la continuità dell'azione, non si spiega l'aumento dell'azione stessa, a meno che non si ammetta che il nitrato disciolto pigli parte alla reazione tra l'acqua ed il piombo, e piano piano si elimini, avvicinandosi così la soluzione all'acqua distillata ed alle proprietà corrodenti di questa.

E che sia realmente così, lo dimostra il fatto, noto da parecchio tempo, che, immergendo successivamente lamine di piombo terse nello stesso volume di acque potabili non corrodenti, si arriva, in un tempo più o meno lungo, a render queste corrodenti.

E lo dimostrano anche le determinazioni che riferiamo nella seguente tabella, mettendo in contatto la stessa lamina di piombo, sempre tersa, con soluzioni diverse di nitrato di potassio.

Volume della soluzione . . . . . cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . cm. 33,04
Piombo in soluzione nel liquido . . . 0

Durata della immersione in ore	Quantità di nitrato di potassio in 100 cmc. di soluzione gm.	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
18	0,25	0,0751	0,00417
19	0,30	0,0611	0,00321
18	0,40	0,0180	0,00100
17	0,50	0,0062	0,00036
17	1,25	0,0072	0,00041
17	2,00	0,0077	0,00045

Difatti la quantità di piombo corroso nella unità di tempo va aumentando colla diminuizione della soluzione salina, rimanendo pressochè identica da una concentrazione di 0,50 °/₀ in su.

Quindi l'aumento progressivo del piombo corroso, notato con soluzione di nitrato 0,25 °/₀, si deve attribuire veramente ad una diminuzione del sale in soluzione, ovvero all'effetto prodotto da soluzioni di nitrato di concentrazione sempre inferiore.

Ma la eliminazione del sale dovrà raggiungere un limite: e quindi la corrosione del piombo dovrà acquistare una grande regolarità non appena la combinazione del sale col prodotto della corrosione del piombo possa dissociarsi completamente, ed il sale ripassare nella soluzione.

Difatti, una tale regolarità apparisce dalle seguenti esperienze eseguite con soluzione 0,15 °/₀ di nitrato di potassio:

Volume di soluzione usata . . . . . cmc. 100
Superficie di piombo in contatto . . . cm. 34,04

Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
24	0,0488	0,00203
48	0,0842	0,00175
72	0,1393	0,00193

Perchè la dissociazione di coteste combinazioni, aumentando la concentrazione salina, diviene assolutamente nulla, qualunque sia la durata dell'immersione del piombo, nella soluzione.

Soluzione di nitrato di potassio 1 % . cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . cm. 33,04
Piombo in soluzione nel liquido . . . 0

Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
24	0,0040	0,00016
48	0,0047	0,00009
72	0,0039	0,00005
144	0,0058	0,00004

Difatti, la quantità totale di piombo corroso rimane identica, tenuto conto delle incertezze derivanti dalla più o meno completa pulitura della lamina, con la barba di penna.

Soluzioni di cloruro di sodio all'aria.

In queste esperienze abbiamo proceduto in tutto e per tutto secondo quanto è stato esposto or ora; i risultati delle esperienze sono raccolti nella seguente tabella:

Volume della soluzione usata . . . . cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . cm. 33,04
Piombo in soluzione 0

Per cento del sale in soluzione gm.	Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
0,01	24	0,00643	0,000267
0,05	24	0,00122	0,000050
0,05	39	0,00204	0,000052
0,10	24	0,00136	0,000056
0,25	24	0,00136	0,000056

Da cotesti risultati si rileva che la corrosione del piombo, in presenza di cloruro di sodio, si conserva proporzionale al tempo, almeno fino a 39 ore, ed identica per la stessa durata di immersione con soluzioni da 0,05 a 0,25 %.

Però, con soluzione 0,01 % la corrosione aumenta considerevolmente, ed avviene anche qui quello che già abbiamo visto per il nitrato: che, cioè, il piombo corroso

resta identico per quantità e per la stessa durata di immersione in soluzione da 0,50 % in su; aumenta in soluzione inferiore a 0,50 %, quantunque il piombo corroso non passi mai nella soluzione.

Soluzioni di solfato di sodio all'aria.

Anche in queste esperienze abbiamo seguìto lo stesso metodo dato innanzi, ed abbiamo usato solfato di sodio anidro.

I risultati sono raccolti nella seguente tabella:

Volume di soluzione usata . . . . . cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . . cm. 33,04
Piombo in soluzione 0

Per cento del sale in soluzione gm.	Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
0,01	24	0,0177	0,00073
0,05	48	0,0018	0,00004
0,10	96	0,0040	0,00004
0,25	24	0,0008	0,00003

Cioè, con solfato di sodio, si hanno gli stessi risultati che con soluzione di cloruro di sodio.

La corrosione del piombo avviene in modo proporzionale con soluzione da 0,05 in su; con soluzioni inferiori a 0,05 aumenta considerevolmente, non passando mai in soluzione il piombo corroso.

Vale a dire che la concentrazione ottima, sia per il cloruro di sodio, sia per il solfato, da non ostacolare l'azione dell'acqua e permettere una corrosione continua ed abbastanza considerevole, sta sotto 0,05.

E se la corrosione, anche con soluzioni superiori a 0,05, è pure continua, sebbene piccola, si deve ciò all'azione secondaria, ed in queste condizioni stentata, dello ossigeno dell'aria.

E che in realtà sia così, lo dimostra il fatto che, esponendo il piombo all'azione di soluzioni di nitrato di potassio nel vuoto, il piombo corroso si riduce in quantità molto inferiore a quella ottenuta colle stesse soluzioni all'aria.

Volume di soluzione usata . . . . . cmc. 100
Superficie di piombo immersa . . . . cm. 33,04

Soluzioni di nitrato di potassio %	Nel vuoto			All'aria		
	Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.	Durata della immersione in ore	Piombo corroso gm.	Piombo corroso in un'ora gm.
0 25	24	0,0062	0,00026	24	0,0126	0,00052
1,00	24	0,0004	0,000016	24	0,0040	0,00016

Fino ad ora abbiamo semplicemente esposto i fatti osservati, con alcune considerazioni che si riferiscono al modo di esplicarsi dei fatti stessi, senza tentare spiegazione alcuna, nella convinzione che meglio sarebbe stato considerarli nel loro insieme, anzichè isolatamente.

Con tutto ciò, chi abbia letto attentamente la esposizione dei fatti ed abbia posto mente anche all'ordine col quale essi sono stati esposti, avrà compreso che il piombo non passa in soluzione nell'acqua distillata se non allo stato colloidale, differenziandosi dai metalli nobili, argento e platino ([1]), solo in ciò: che l'uno è solubile a freddo, gli altri a caldo.

Ma, essendo il piombo un metallo ossidabile, si poteva supporre, come è stato supposto e ritenuto per dimostrato fino ad oggi, che l'ossigeno dell'aria, col favore dell'acqua, attaccasse il piombo, e che l'ossido idrato, che prendeva origine da questo attacco, in parte si sciogliesse nell'acqua e l'eccesso si separasse allo stato insolubile.

Per cui cotesta soluzione non sarebbe provenuta da altro se non da una delle comunissime e note reazioni chimiche, ciò che però ben presto apparve incapace di spiegare molti fatti, ad onta degli sforzi notevolissimi di esperimentatori diversi.

Il piombo, immerso nell'acqua distillata, passa in soluzione allo stato colloidale, in presenza di aria si trasforma poi in ossido idrato, pure colloidale, che poi, aggregandosi, si rende visibile e passa allo stato cristallino.

E che il piombo passi in soluzione allo stato metallico è chiaramente dimostrato dall'aspetto limpidissimo che l'acqua distillata, a contatto col piombo, conserva constantemente in ambiente privo di ossigeno, e dall'intorbidamento istantaneo di essa, allorchè si metta in contatto coll'aria, dopo averla separata dalla lamina di piombo.

È dimostrato pure dallo spazio privo di velo bianco, attorno alla lamina, da noi osservato nelle esperienze con acqua distillata nel vuoto, ed in ambiente scarso di ossigeno, e dallo stesso spazio ritratto nel fondo del becher e quasi interamente scoperto della polvere bianca che ricopriva il resto del fondo.

Difatti, nel primo caso, il piombo doveva esser passato in soluzione nell'acqua poichè altrimenti non poteva formarsi ossido idrato; nel secondo caso, il piombo metallico, passato in soluzione, si ossidava, e l'ossido, sospinto da nuove particelle metalliche che passavano in soluzione, si aggregava ad una certa distanza, e le piccole particelle, che cadevano sul fondo indisturbate, ricoprivano la sola parte corrispondente alla zona d'aggregazione.

E se il piombo si scioglie allo stato metallico, non può sciogliersi che allo stato colloidale, analogamente a quello che avviene per l'argento e per il platino, e forse per tntti i metalli.

Dare di ciò una dimostrazione diretta non ci è stato possibile per la difficoltà non superata di congegnare un apparecchio nel quale la soluzione del piombo che si va formando in ambiente privato di ossigeno, si possa osservare all'ultra microscopio,

([1]) Margherita Traube Mengarini e Scala Alberto, Atti R. Accad. dei Lincei, vol. XVIII, serie 5^a, pag. 542, 1909, e 2° sem. pag. 111.

e perchè osservando la soluzione estratta dall'ambiente senza ossigeno, si era sicuri di osservare la soluzione di ossido, anzichè metallica.

Contuttociò, operando nel modo, di cui parleremo or ora, abbiamo ottenuto risultati non privi d'interesse, per decidere dello stato colloidale, e per dimostrare alcune speciali proprietà dell'ossido idrato che deriva dal piombo passato in soluzione.

Piombo ed ossido idrato colloidale.

Abbiamo cioè fatto cadere su di un portaogetti alcuni pezzettini finissimi di raschiatura di piombo puro e privo di ossido; abbiamo aggiunto una goccia di acqua distillata pura e coperto con un vetrino, al quale si metteva tutto intorno della vasellina per impedire, più che possibile, l'ingresso dell'aria.

Abbiamo osservato questo preparato al microscopio ordinario con piccolo ingrandimento ed abbiamo visto attorno ad ogni pezzettino di piombo uno spazio vuoto, seguìto esternamente da particelle puntiformi e batteriformi, e più esternamente ancora da piccolissimi esagoni. Con un ingrandimento maggiore, lo spazio vuoto si è risoluto in uno spazio pieno di micelle piccolissime, dotate di un vivo movimento browniano, e certo formate da un misto di particelle metalliche e di ossido idrato, perchè l'acqua non era priva di ossigeno e non si poteva supporre impenetrabile assolutamente all'aria la chiusura di vaselina.

Si era riprodotto cioè lo stesso fenomeno, che abbiamo osservato nelle esperienze nel vuoto, ove pure si aveva ossigeno in difetto, ed ove pure lo spazio libero doveva esser pieno di una soluzione colloidale finissima di metallo e di ossido idrato.

Un preparato simile è stato osservato al microscopio fornito del paraboloide di Reichert, collo stesso risultato che al microscopio ordinario, come si vede dalla figura che qui riproduciamo (fig. II, Tav. 2ª).

Dunque, il piombo passa in soluzione nell'acqua distillata a freddo allo stato colloidale; in contatto coll'aria si trasforma in ossido idrato, il quale, per un certo tempo, rimane pure in soluzione allo stato colloidale.

Ed è precisamente in questo periodo di tempo che filtrando la soluzione, il filtrato limpido dà reazione, e talvolta fortissima, del piombo: onde la convinzione che l'ossido idrato fosse solubile.

Ma che l'ossido idrato passi in soluzione allo stato colloidale e che non sia realmente solubile, lo dimostrano le esperienze con acqua distillata, contenente in soluzione elettroliti, quali nitrato di potassio, solfato di sodio e cloruro di sodio, nelle quali il liquido decantato e non filtrato non ha dato mai reazione del piombo, quantunque sulla lamina vi fosse talvolta deposta una patina di ossido idrato di uno spessore considerevole e quantunque l'attacco del piombo e la corrosione fosse continua.

In queste condizioni se l'ossido idrato fosse solubile, l'acqua doveva saturarsene, ad onta della piccola quantità di elettroliti che essa conteneva e che evidentemente non doveva esser di ostacolo alcuno, sia perchè non è incompatibile la simultanea presenza nell'acqua dell'ossido idrato e degli elettroliti sperimentati salvo il caso

del solfato di sodio, sia perchè, ammessa anche una combinazione, il piombo doveva passare in soluzione con certi elettroliti.

Quindi non si può parlare affatto di solubilità dell'ossido idrato, e di combinazioni chimiche, nel senso più comune, tra piombo ed anione degli elettroliti, ma di reazioni colloidali.

Vale a dire che l'ossido idrato, che mano mano si viene formando per trasformazione del piombo colloidale e che rimane in soluzione allo stato colloidale, a contatto dell'elettrolito, si coagula e non può perciò allontanarsi gran che dalla lamina, da cui piglia origine (fig. II, 1ª).

Il coagulo, prima amorfo [1], si trasforma in seguito in cristallino; perchè le micelle, anche nel coagulo amorfo possono muoversi, sebbene meno liberamente, e prendere il loro assetto definitivo.

Gli elettroliti perciò hanno una azione sul colloide piombo e sul colloide ossido idrato, che possiamo dire in tuttti identica, sebbene un po' diversa nei particolari.

Identica, cioè, perchè tutti hanno la tendenza a coagulare, diversa perchè per produrre gli stessi effetti sono necessarie quantità diverse di essi.

Tuttociò naturalmente si spiega colla supposizione di un assorbimento capillare dell'elettrolito, per parte del colloide, che offre una superficie straordinariamente grande alla soluzione e colla diversità del potere capillare in ogni elettrolitro.

Però noi propendiamo per una forma di combinazione dell'elettrolito col colloide; combinazione più o meno labile, a seconda dell'anione e del catione dell'elettrolito ed a seconda della concentrazione.

Difatti, il nitrato di potassio in soluzione 0,25 °/₀ è assorbito dal colloide nella coagulazione progressiva, perchè il piombo corroso in un'ora va aumentando col tempo; gli elettroliti di alcune acque potabili non corrosive sono assorbiti anch'essi più o meno sollecitamente, perchè dopo un certo numero di immersioni di lamine di piombo nella stessa acqua, il piombo passa in soluzione.

E ciò unicamente perchè tanto le acque artificiali, quanto le naturali acquistano proprietà che vanno avvicinandosi a quelle dell'acqua distillata.

Ma la perdita di elettrolito ha un limite, che è segnato dalla eguaglianza tra la quantità di combinazione formatasi e quella che si idrolizza e mette nuovamente in libertà l'elettrolito.

E questo limite è diverso per i diversi elettroliti; per cui di alcuni sarà possibile, di altri impossibile la eliminazione completa o quasi completa ed il passaggio da acque non corrosive a corrosive; vale a dire che il colloide piombo od ossido idrato contraggono con alcuni elettroliti combinazioni pochissimo idrolizzabili, con altri, combinazioni facilmente idrolizzabili.

Così, per il nitrato di potassio questo limite è al disotto di una concentrazione 0,0247 (0,25 °/₀) e difatti ad una concentrazione 0,0148 (0,15 °/₀), si ha una corrosione del piombo che è proporzionale al tempo, ed una coagulazione del colloide continua e perfetta, senza che il piombo passi mai in soluzione e conseguentemente senza che si perda affatto elettrolito.

[1] Alla parola amorfo non intendiamo di dare un significato assoluto, ma relativo: cioè di stato cristallino non ancora ben definibile al microscopio per la soverchia piccolezza degli aggregati.

A questa concentrazione quindi l'elettrolito funzionerebbe come da catalizzatore, o da diastasi coagulante con azione infinita, se reazioni secondarie od altro non venissero a disturbarne l'andamento e quindi senza mai ottenere la eliminazione dell'elettrolito.

Per il cloruro di sodio e per il solfato di sodio cotesto limite e coteste proprietà si trovano al disotto di una concentrazione 0,1 %, per cui le loro combinazioni col colloide sono molto meno dissociate di quelle con nitrato.

Questo nostro modo di interpretazione è appoggiato anche dal fatto opposto, che, cioè, aumentando la quantità del sale in soluzione, aumenta la difficoltà di dissociazione fine ad annullarla completamente.

E ciò si ha quando il nitrato di potassio arriva ad una quantità di 0,50 %, il cloruro di sodio ad una quantità superiore a 0,25 % ed il solfato di sodio di 0,25 %.

Con tali concentrazioni, che inibiscono ogni azione dell'acqua sul piombo sia all'aria libera che nel vuoto, non si può negare che non avvenga quella stessa corrosione del piombo che si ha con soluzioni meno concentrate, ovvero non si può negare che l'acqua eserciti la sua azione come sempre.

Cotesta azione però si inizierà soltanto ed ivi resterà, perchè il colloide piombo si combina coll'elettrolito, e la combinazione non più scindibile od idrolizzabile per l'eccesso di sale in soluzione.

Per la qual cosa, sulla lamina si formerà una patina di cotesta combinazione, che si può chiamare protettiva, perchè non è attaccabile dall'ossigeno dell'aria, non essendo scindibile e perchè formata di piombo come il resto della lamina.

Abbiamo detto non attaccabile perchè teoricamente così dovrebbe essere, e perchè anche ci avviciniamo a questo postulato teorico, operando nel vuoto; ma all'aria realmente si ha sempre formazione di una leggerissima quantità di ossido idrato, che possiamo dire proveniente da reazioni secondarie e dalla continua pressione dell'ossigeno sugli strati esterni della combinazione.

Tuttociò conferma evidentemente la supposizione che dal colloide o dagli elettroliti si abbia una combinazione, di cui la stabilità sia in strettissima dipendenza della concentrazione, e che l'arresto della corrosione dipenda dalla concentrazione salina e non da altre reazioni secondarie.

Difatti, estraendo dopo 24 ore la lamina di piombo dalla soluzione 2 % di nitrato di potassio, ove la corrosione era stata arrestata all' inizio, ed immergendola nell'acqua distillata, si ha corrosione continua ed abbondante, come nel piombo allora allora pulimentato.

Cristallizzazione dell'ossido idrato di piombo.

Nella esposizione delle nostre esperienze abbiamo più volte accennato all'aspetto cristallino che l'ossido idrato prende, sia che si formi in seno all'acqua distillata pura, sia che coaguli sulla lamina di piombo in soluzione di elettroliti.

E ciò turbava grandemente le nostre non estese cognizioni sulla formazione dei cristalli; per cui eravamo convinti che fossero necessarie vere anzichè soluzioni colloidali.

Però, incominciammo a dubitare di questa nostra convinzione allorchè dalle esperienze appariva che l' idrossido di piombo non era solubile nell'acqua; ed il dubbio si sciolse completamente colle osservazioni microscopiche, i risultati delle quali ricordavano, quelle di von Weimarn sul solfato di barite ([1]), quantunque questi abbia operato molto diversamente da noi.

Noi immergemmo una piccolissima quantità di raschiatura sottilissima di piombo metallico puro in una geccia di acqua distillata su di un portaoggetti, senza chiuder questo con vaselina per non impedire l' ingresso dell'aria, ed osservammo il preparato al microscopio ordinario con un ingrandimento di 750 diametri. Vedemmo lo stesso aspetto descritto altrove, e nella parte più esterna dello spazio vuoto un numero grandissimo di micelle in vivissimo movimento, le quali, negli strati più esterni ancora, apparivano più grandi e della forma di batteri e, dopo 12 ore all' incirca, negli strati periferici delle bellissime lamine esagonali, pur continuando sempre la formazione di nuovo colloide.

In altri casi, abbiamo visto formarsi sulla particella di piombo delle bellissime diramazioni aciculari, favorite dall'accesso sul preparato di maggior quantità di ossigeno, le quali diramazioni si vedevano crescere sotto gli occhi, per la unione successiva delle micelle di forma batterica (fig. V, Tav. 1ª).

Questi aghi in seguito davano delle lamelle molto grandi per accrescimento foliaceo derivante dalla unione di micelle batteriformi; lamelle visibilissime ad occhio nudo su di ogni lamina di piombo immersa nell'acqua distillata dopo 24 o più ore.

Abbiamo visto ancora al microscopio queste lamelle dissolversi nelle forme batteriche, facendo passare gas acido carbonico nell'acqua che le conteneva oppure facendo passare su di esse una corrente di acqua distillata, riottenendo così la soluzione colloidale da cui si era partiti.

Un fatto simile abbiamo potuto osservare, trattando sotto il microscopio dell'argento coagulato, e che presentava magnifiche forme dendritiche, con soluzione di idrogeno solforato.

Si otteneva una soluzione colloidale di solfuro, certo per la facilità colla quale le particelle elementari o micelle si liberavano dal dendrito e si solforavano.

Oltreacciò, abbiamo più volte osservato che facendo essicare liberamente e con una certa lentezza soluzioni colloidali di ossido idrato di piombo, si ottenevano, oltre alle lamelle ed agli esagoni, bellissimi ottaedri.

Le stesse forme abbiamo osservato sulle lamine di piombo immerse nell'acqua distillata nel vuoto parziale e nella pellicola che si forma sull'acqua all'aria libera. Cristalli ottaedrici ben formati si avevano quando la soluzione colloidale restava in quiete per un certo tempo, sempre in presenza del piombo, oppure quando la soluzione colloidale concentrata si essiccava lentamente alla temperatura ambiente.

La qualcosa dimostra chiaramente la influenza della concentrazione della soluzione colloidale e del modo secondo il quale avviene la ossidazione sulla diversità delle forme cristalline e sulla loro maggiore o minore perfezione. Caratteristiche dell'ambiente povero di ossigeno sono le forme riportate nella (fig. IV, Tav. 2ª).

([1]) Zeitschr, für Chemie u. Industrie der Kolloide, 1906, 1907, 1908, 1909.

Seguendo sempre lo stesso metodo, abbiamo osservato sotto al microscopio gli effetti prodotti sul piombo da soluzioni di nitrato di potassio 0,25 $^0/_0$ e 1 $^0/_0$.

Cioè, con ambedue si vedeva formare la soluzione colloidale di idrossido, che coagulava prima allo stato batterico e che poi mano mano cristallizzava nella forma di lamelle e di esagoni, non potendosi mai allontanare che poco dal piombo colla soluzione più debole e pochissimo colla soluzione più concentrata.

Per la qual cosa, il colloide che si formava continuamente colla soluzione 0,25 $^0/_0$ appariva, dopo un certo tempo, aderente al piombo come uno strato spesso formato di corte lamine lanceolate mentre il colloide che si formava colla soluzione 1 $^0/_0$ appariva sempre esile con cristalli aciculari.

Ciò dimostra che l'elettrolito se non modifica sostanzialmente il prodotto che deriva dalla corrosione del piombo, per l'azione dell'acqua, modifica però le forme cristalline, cioè, attorno al pezzettino microscopico di piombo nell'acqua distillata pura, si forma una specie di peluria a lunghi ciuffi di aghi colloidali (fig. VI, Tav. 2^a); Sulla soluzione 0 25 $^0/_0$ di nitrato di potassio questa peluria si cambia in una patina di lamine lanceolate corte e fitte (fig. II, Tav. 1^a); nella soluzione 1 $^0/_0$ e più ancora 2 $^0/_0$ di nitrato di potassio i cristalli pigliano l'aspetto di punte di lancia corte e fitte (fig. V, Tav. 2^a) in modo da apparire come una palizzata.

Nella soluzione 2 $^0/_0$ di nitrato di potassio abbiamo visto inoltre fig. V, Tav. 2^a) vicino alla particella di Pb. degli aggregati cristallini irregolari, che ricordano lontanamente la forma delle cellule nervose,

A questa stessa conclusione si arriva osservando la patina cristallina che si forma sulle lamine di piombo immerse in soluzioni di solfato di sodio e di cloruro di sodio, perchè si vedono le stesse forme cristalline dell'idrossido, descritte per l'acqua distilata e per le soluzioni di nitrato.

Abbiamo visto anche delle stelle perfettamente formate a 6 punte, nella soluzione colloidale di acqua distillata pura ed osservando la patina leggerissima, deposta sulla lamina di piombo, che era stata immersa in una soluzione 2 $^0/_0$ all'incirca di di nitrato di potassio (fig. II, Tav. 2^a) aumentando così la varietà delle forme cristalline dell'idrossido e dolle sue combinazioni cogli elettroliti,

E con ciò a noi sembra di aver data una dimostrazione diretta della formazione dei cristalli dall'idrossido di piombo colloidale, e di aver dimostrato anche la proprietà che distingue questo dal piombo colloidale che, cioè, nell'uno le micelle tendono ad unirsi e dare forme cristalline, nell'altro invece questa tendenza apparisce nulla.

Difatti, non poche sono state le nostre esperienze per far cristallizzare il colloide piombo, che però sinora sono riuscite tutte negative.

Ipotesi sullo stato colloidale dei corpi.

Nel corso delle nostre esperienze sulla solubilità dell'argento e del platino [1] sorse il pensiero che l'acqua pigliasse parte nella produzione dello stato colloidale, pensiero che si è affermato e rafforzato colle esperienze sul piombo [2].

[1] Loco citato.

[2] Paternò E. *Le soluzioni colloidi.* Rend. soc. chim. ital. 1910, p. 301.

Ma qual parte spettasse a questa non era facile conoscere, salvo che non si tornasse alla ipotesi che ogni cosa che si scioglie nell'acqua contragga con questa una combinazione più o meno facile, più o meno abbondante (¹).

Ed anche in tale ipotesi era difficilissimo immaginare la forma di queste combinazioni, necessariamente transitorie e scindibilissime.

Solo un fatto, ormai ben constatato, poteva guidarci nella soluzione del difficile problema: la conducibilità, cioè, delle soluzioni colloidali, che naturalmente deve essere causata da ioni in movimento libero nell'acqua, piuttostochè dal trasporto delle particelle in sospensione, secondo una supposizione di Duclaux (²).

E poichè i metalli non possono dare ioni, essendo corpi semplici, era naturale supporre che essi, passando allo stato colloidale, si combinassero coll'acqua dando un composto ionizzato.

Nè a ciò poteva formare obiezione la conducibilità molto piccola delle soluzioni colloidali, perchè queste, rispetto alle soluzioni vere, contengono un numero di molecole di acqua ionizzate relativamente più piccolo, essendo le sostanze attive, in concentrazioni pari, meno suddivise.

E che questa nostra ipotesi abbia un fondamento di verità, lo deduciamo da un fatto di grandissimo interesse osservato da Stolba (³); che, cioè, riscaldando il piombo metallico con acqua distillata, si ha sviluppo di idrogeno; non già, secondo noi, perchè il piombo direttamente si trasformi in ossido idrato, ma perchè prima passa in soluzione allo stato colloidale, ovvero in una combinazione ionizzata, e lo ione idrogeno libero si sviluppa, trasformandosi prima in atomo neutro, poi passando allo stato molecolare, nel contempo che si forma idrossido di piombo.

Ed un'altra prova che il piombo colloidale, sia una combinazione ionizzata, l'abbiamo dalla straordinaria celerità colla quale la soluzione di piombo, ottenuta in ambiente senza ossigeno, si trasforma in soluzione colloidale di ossido idrato, non appena venga in contatto coll'aria.

Perchè l'ossigeno agisce non già sugli idrogeni combinati all'acqua, ma sugli idrogeni ioni, trasformandoli in acqua, e quindi nelle condizioni più opportune, affinchè possa avvenire una reazione chimica.

In seguito a ciò, lo stato colloidale può essere rappresentato, nel modo più semplice, da una delle formule seguenti:

$$M(OH' \; H')_n \qquad\qquad M(H' \; OH')_n$$

nelle quali M indica una micella ed n il numero, non noto per ora, delle molecole di acqua che ad essa si possono unire.

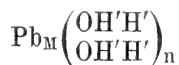
Oltreacciò, la vicinanza alla micella dell'ossidrile o dell'idrogeno ha la sua giustificazione nel fatto che i metalli o le sostanze, che passano in soluzione allo stato colloidale sono ossidabili o non ossidabili.

(¹) G. Ciamician. *Molekulartheoretische Betractungen über die elektrolitische Dissociation.* Zeitischu, für Physikalische Chemie, Bd. 69. p. 96, 1909.

(²) Compt. rend., 140, 1468, 1471 1905.

(³) Wurtz, *Dictionnaire de Chimie*, Vol. II, parte II. 1070.

Così il colloide piombo può essere rappresentato nel modo semplice seguente:

$$Pb_M\begin{pmatrix} OH'H' \\ OH'H' \end{pmatrix}_n$$

essendo il piombo ossidabilie; mentre il colloide argento può essere rappresentato colla seconda formula, l'argento non essendo ossidabile

$$Ag_M(H'\ OH')_n$$

Cosicchè i colloidi si possono definire o degli idrati idruri o degli idruri idrati.

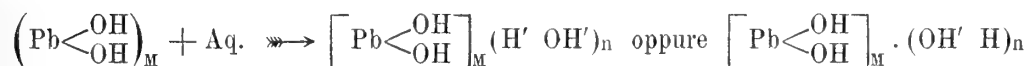
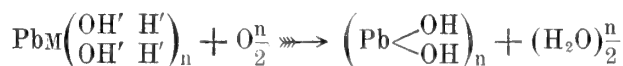
E questa supposta costituzione non è infirmata dal fatto che il colloide piombo, passando da metallo in ossido idrato, rimane in soluzione allo stato colloidale: perchè trasformazioni chimiche, intese nel senso più antico della parola, si possono avere nei colloidi, pur rimanendo nei prodotti trasformati lo stato colloidale.

Difatti mano mano che avviene la trasformazione del piombo in ossido idrato insolubile, le micelle di questo si combinano coll'acqua nel modo detto innanzi; assumono lo stato colloidale e vi permangono fino a che aggregandosi non formino cristalli più o meno grandi o perfetti.

Una cosa simile avviene per ogni sostanza organica e minerale insolubile, ridotta in polvore sottilissima, messa nell'acqua; passa cioè allo stato colloidale, con tutte le proprietà inerenti a questo stato.

Nel caso del piombo, le trasformazioni si possono rappresentare nel modo seguente:

$$Pb_M\begin{pmatrix} OH'\ H' \\ OH'\ H' \end{pmatrix}_n + O_{\frac{n}{2}} \twoheadrightarrow \left(Pb{<}^{OH}_{OH}\right)_n + (H_2O)_{\frac{n}{2}}$$

$$\left(Pb{<}^{OH}_{OH}\right)_M + Aq. \twoheadrightarrow \left[Pb{<}^{OH}_{OH}\right]_M (H'\ OH')_n \quad \text{oppure} \quad \left[Pb{<}^{OH}_{OH}\right]_M . (OH'\ H)_n$$

Con tale rappresentazione, non riesce difficile comprendere l'azione degli elettroliti sui colloidi e di darne una spiegazione chimica.

Perchè gli ioni degli elettroliti potranno sostituire gli ioni dell'acqua nella combinazione colloidale e dare così nuovi composti, di cui le proprietà saranno alla dipendenza dell'anione e del catione del sale entrato in combinazione.

E ciò è noto ai fisiologi da molto tempo per le serie di Hoffmeister-Pauli e Posternak, che pure valgono pei colloidi minerali.

Del resto, una prova diretta l'abbiamo dalle numerose esperienze esistenti nella letteratura che riguardano l'azione delle acque sul piombo contenenti elettrolitri diversi, ed anhe nel diverso grado di corrosione del piombo per azione di soluzioni con percentuali identiche di nitrato di potassio, di cloruro di sodio e di solfato di sodio.

Un'altra prova si può trovare nelle esperienze di Linder e Picton [1] nelle quali

[1] Journ. chem. Soc. *67*, 63. 1895.

si faceva coagulare il solfuro di arsenico colloidale con cloruro di bario. Una porzione del bario rimaneva costantemente nel coagulo, mentre l'equivalente quantità di acido cloridrico passava nel liquido, ed è stato possibile di sostituire il bario con un catione corrispondente di altro sale, ma non di eliminarlo per lavaggi successivi e continuati.

Questa combinazione degli elettroliti col colloide piombo ed ossido idrato può essere rappresentata nel modo seguente:

$$\mathrm{Pb}\begin{matrix}OH' & H'\\ OH' & H'\end{matrix} + \begin{matrix}NO_3'\\ K'\end{matrix} \rightleftarrows \mathrm{Pb}\begin{matrix}NO_3' & K'\\ OH' & H'\end{matrix} \text{ oppure } \mathrm{Pb}\begin{matrix}NO_3' & H'\\ OH' & K'\end{matrix}$$

$$\left[\mathrm{Pb}\begin{matrix}<OH\\ <OH\end{matrix}\right]\begin{matrix}H' & OH'\\ H' & OH'\end{matrix} + \begin{matrix}NO_3'\\ K'\end{matrix} \rightleftarrows \left[\mathrm{Pb}\begin{matrix}<OH\\ <OH\end{matrix}\right]\begin{matrix}K' & NO_3'\\ H' & OH'\end{matrix} \text{ oppure } \left[\mathrm{Pb}\begin{matrix}<OH\\ <OH\end{matrix}\right]\begin{matrix}K' & OH'\\ H' & NO_3\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}\mathrm{Pb} & \begin{matrix}OH' & H'\\ OH' & H'\end{matrix}\\ \mathrm{Pb} & \begin{matrix}OH' & H'\\ OH' & H'\end{matrix}\end{matrix} + So_4'' \, N_{a2} \rightleftarrows \begin{matrix} & OH' \; H'\\ \mathrm{Pb} & \\ & SO_4''\begin{matrix}N_a'\\ N_a'\end{matrix}\\ \mathrm{Pb} & \\ & OH' \; H'\end{matrix} \text{ oppure } \begin{matrix} & OH' \; N_a'\\ \mathrm{Pb} & \\ & SO_4''\begin{matrix}H'\\ H'\end{matrix}\\ \mathrm{Pb} & \\ & OH' \; N_a'\end{matrix}$$

Da cui chiaro apparisce che per idrolisi si possa facilmente ritornare al colloide, eliminandosi l'elettrolito, oppure che si elimini acido e nel colloide rimanga il catione.

Ed apparisce anche chiara l'azione coagulante degli elettroliti, che si risolverebbe nell'annullamento della mobilità delle micelle, per la quale è possibile la loro traslazione, per ingrandimento delle micelle stesse.

Apparisce chiara anche la reversibilità della coagulazione in quei casi nei quali il sale combinato può, per idrolisi, passare interamente nell'acqua e la non reversibilità in quei casi nei quali, per idrolisi, si elimina tutto l'anione ed una parte del catione rimane nel colloide.

Perciò è molto probabile che la reversibilità corrisponda, alla prima forma di combinazione indicata dianzi, e la non reversibilità alla seconda.

In questo caso gli ioni dell'elettrolito si eliminano indipendentemente tra loro ed anche con velocità diversa ([1]).

Non è fuor di luogo adunque di distinguere nettamente reazioni colloidali da reazioni chimiche, intese nel senso antico della parola, perchè le prime hanno sede, per così dire, negli strati esteriori delle micelle od anche delle molecole; le seconde nella materia delle micelle o delle molecole stesse.

Ed è precisamente per non avere fatta questa distinzione che sono nate tante dispute, specie in fisiologia, sulla natura e sulla essenza di certe reazioni, senza arrivare mai ad una conclusione soddisfacente.

Perchè i partigiani di azioni fisiche pure e semplici non potevano spiegare certi fatti, che simulavano reazioni chimiche; i partigiani di azioni chimiche non potevano spiegare certi fatti che simulavano veramente azioni fisiche.

([1]) Scala e Bonamartini, *Sui composti del rame coll'albumina d'uovo.* Rendic. Accad. Lincei, XVIII, 2° semestre, p. 551, 1909.

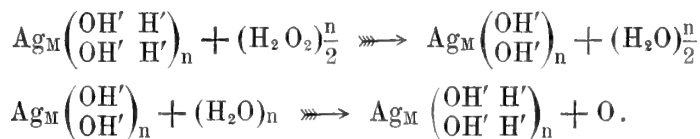
Colla ipotesi sullo stato colloidale da noi esposta, non solo si appianano le divergenze, perchè nei colloidi si possono avere reazioni chimiche e colloidali contemporaneamente, o sole reazioni colloidali ma si spiegano anche altri fatti rimasti fino ad ora oscuri.

Così il trasporto elettrico dei colloidi rientra nella regola generale del trasporto degli ioni; perchè i colloidi, combinati all'acqua nella forma ionizzata detta dianzi, devono essere considerati come veri ioni, e veri ioni si conservano combinati agli elettolitri, sotto l'influenza dei quali possono cambiare di direzione oppure di segno elettrico.

Così si può spiegare la decomposizione dell'acqua ossigenata per parte dei colloidi, supponendo che l'ossigeno mobile di essa si combini cogli idrogeni-ioni della combinazione colloidale, formando acqua; si ripristini nuovamente il colloide, combinandosi ad altra acqua, ed in questa seconda combinazione si metta in libertà ossigeno.

Cioè, la reazione potrebbe essere rappresentata nel modo seguente, per un metallo od una sostanza non ossidabile.

$$Ag_M\begin{pmatrix}OH' & H' \\ OH' & H'\end{pmatrix}_n + (H_2O_2)_{\frac{n}{2}} \ggg\!\!\rightarrow Ag_M\begin{pmatrix}OH' \\ OH'\end{pmatrix}_n + (H_2O)_{\frac{n}{2}}$$

$$Ag_M\begin{pmatrix}OH' \\ OH'\end{pmatrix}_n + (H_2O)_n \ggg\!\!\rightarrow Ag_M\begin{pmatrix}OH' & H' \\ OH' & H'\end{pmatrix}_n + O.$$

Da cui risulta che l'ossigeno che si sviluppa non è quello labilmente combinato all'acqua ossigenata, ma di una molecola d'acqua qualsiasi che passa in combinazione col colloide.

Per metalli o sostanze colloidali ossidabili la reazione procede nel modo identico, colla differenza che a spese dell'acqua ossigenata prima i metalli o le sostanze ossidabili si trasformano nello stato di ossidazione massima, poi, se insolubili, passano allo stato colloidale ed allora mettono in libertà ossigeno.

Questa supposizione si può dire fondata ogni volta che lo stato colloidale risulti uno stato stabile, ovvero una combinazione stabile coll'acqua.

E ciò in realtà pare che sia; poichè tutte le materie finamente suddivise nell'acqua pigliano indistintamente lo stato colloidale; sono capaci cioè di ionizzare l'acqua, per modo di dire, e di combinarsi cogli ioni di essa. Poi perchè in realtà talvolta riesce difficilissimo di distruggere tale stato, accoppiando il riscaldamento all'azione di agenti chimici e perchè la soluzione colloidale di argento essicata a temperatura non troppo elevata, si sospende nuovamente nell'acqua allo stato colloidale, come allo stato colloidale si sospendono nuovamente tutte le sostanze colloidali organiche secche.

E ciò può avvenire, sia che nella essicazione non si distrugga la combinazione colloidale, sia che la materia essicata rimanga in tale stato di suddivisione da passare con facilità in combinazione coll'acqua.

In ogni caso, se la materia insolubile tende così facilmente a combinarsi coll'acqua è segno che il nuovo composto è abbastanza stabile, così da riprodursi ogni volta

che un'influenza esteriore lo distrugga, ed ogni volta che esistano condizioni favorevoli per la riproduzione.

E qui ci arrestiamo per non entrare nella critica e nella discussione delle non poche ipotesi emesse per spiegare lo stato colloidale e per mantenerci nei limiti, segnati fin da principio, a questa Memoria.

Ritorneremo sull'argomento non appena avremo raccolto una maggiore copia di risultati sperimentali.

Conclusioni.

Dalle nostre esperienze si possono trarre le conclusioni seguenti:

1° Il piombo metallico passa rapidissimamente in soluzione colloidale nell'acqua distillata, alla temperatura dell'ambiente.

In presenza dell'ossigeno dell'aria, il piombo colloidale si trasforma in ossido idrato allo stato colloidale.

2° L'ossido idrato di piombo in soluzione colloidale, e non vera, come è stato creduto fino ad ora, tende ad aggregarsi: cioè le micelle si ingrandiscono per unione reciproca e danno forme cristalline ben definite come: aghi, esagoni, stelle, ottaedri.

3° Gli elettroliti, in genere, si oppongono alla corrosione del piombo, ad una concentrazione diversa per ognuno.

Al disotto di questo ottimo, la corrosione continua; però il colloide è immediatamente e constantemente coagulato sul piombo e non può passare affatto nell'acqua nella forma dispersa.

Cotesta corrosione aumenta col degradare della concentrazione dell'elettrolito.

4° Lo stato colloidale pare che non sia altro che una combinazione ionizzata del colloide coll'acqua, la quale combinazione dà ragione a tutti i fatti osservati da noi ed anche da altri, di cui non era stata data spiegazione alcuna od era insufficiente, come della cataforesi e della proprietà dei colloidi di decomporre l'acqua ossigenata.

5° I metalli sono tutti solubili nell'acqua allo stato colloidale, più o meno facilmente.

Si può sinora dare un cenno di questa solubilità mettendo ad una estremità il piombo, che si scioglie con estrema facilità, ed all'altra il platino. Tra questi due estremi si raggruppano gli altri metalli, tra i quali, verso il piombo, lo zinco ed il ferro, i quali come descriveremo in un'altra Memoria si sciolgono colloidalmente a freddo, anche in assenza dell'ossigeno.

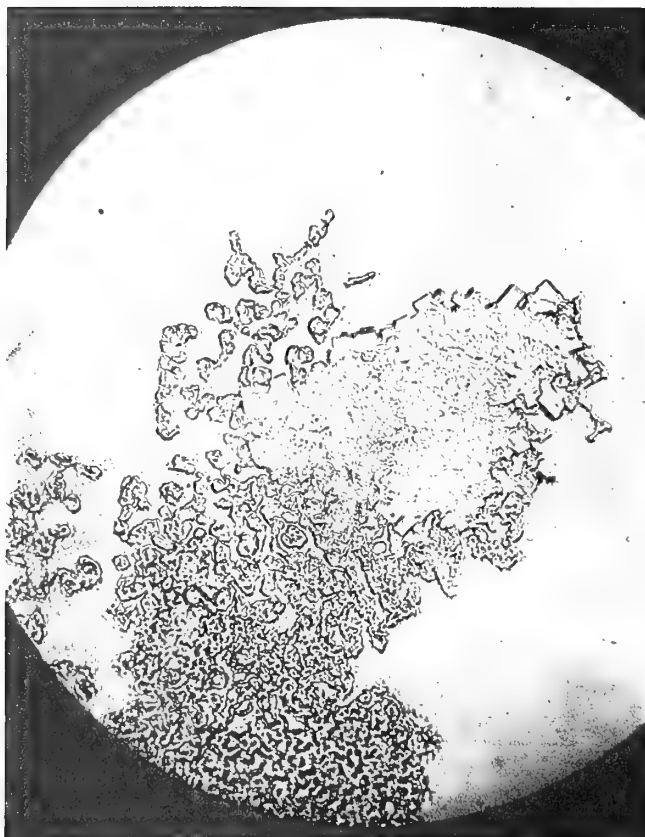
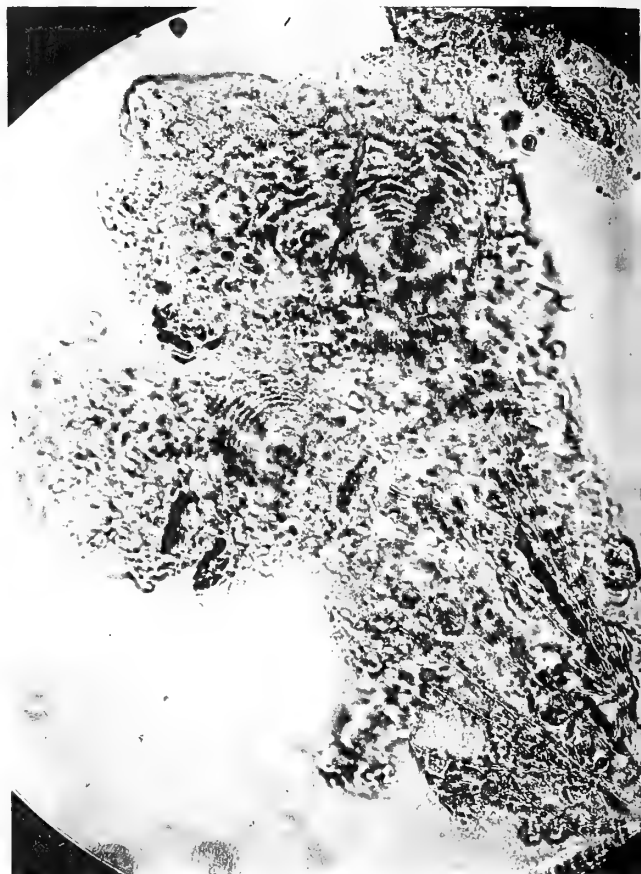
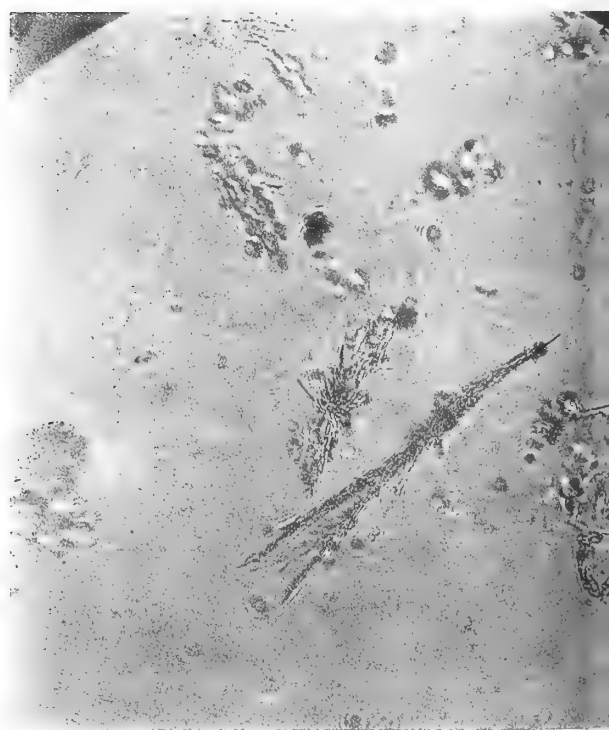



Fig. I. Sol. coll. di Ossidrato di Al. in acq. dist. bollente; Cristalli, e lamina con frattura ad angolo retto. — **Fig. II. Patina cristallina** sul Pb. formata nell'acq. dist. contenente 0,25 o/o NO 3 K. — Fig. III. Sol. di Zinco colloidale nell'acq. dist. con cristalli coll. dopo 48 ore. — Fig. IV. Sol. di Zinco coll. nell'acq. dist. con cristalli colloidali dopo 96 ore.

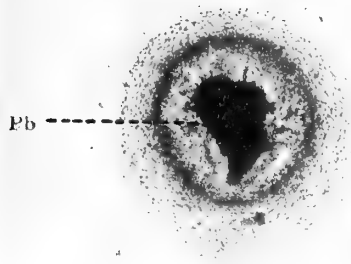
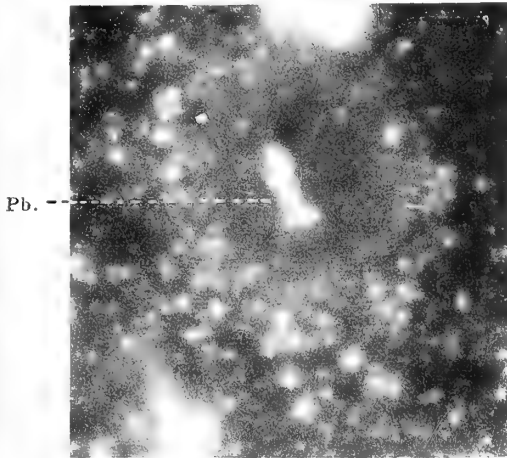
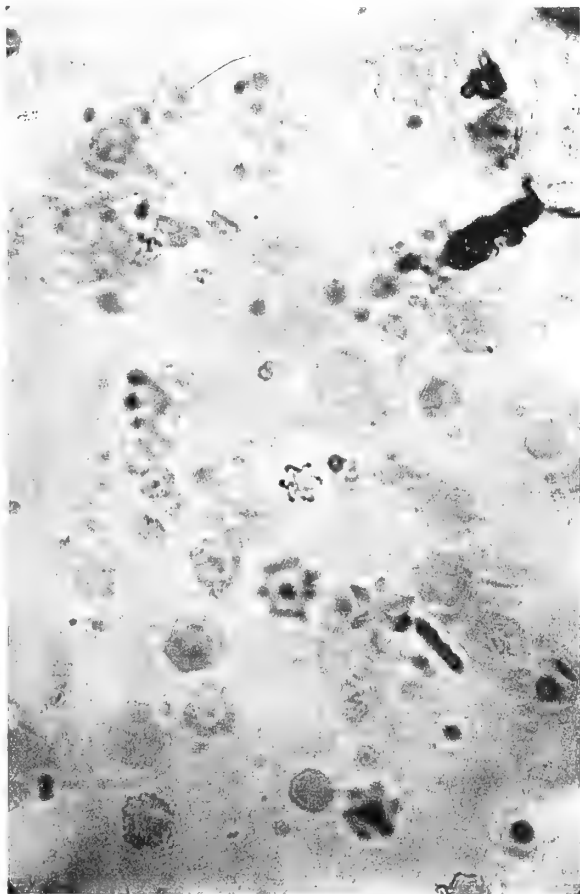
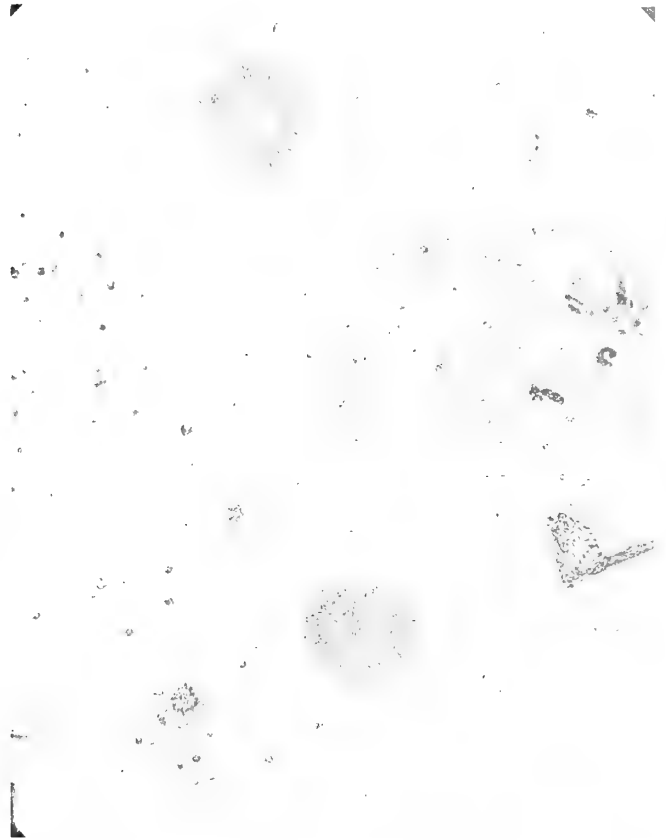
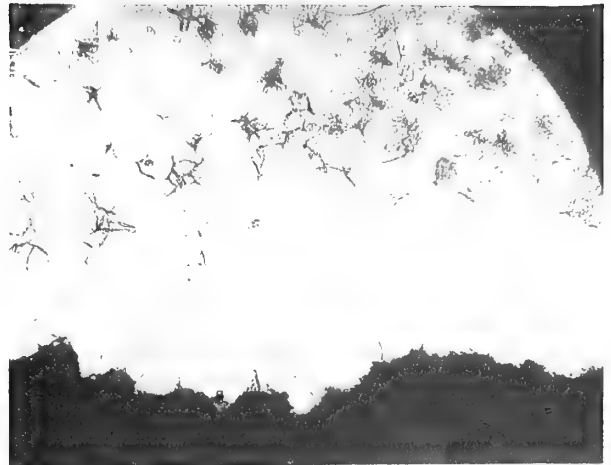
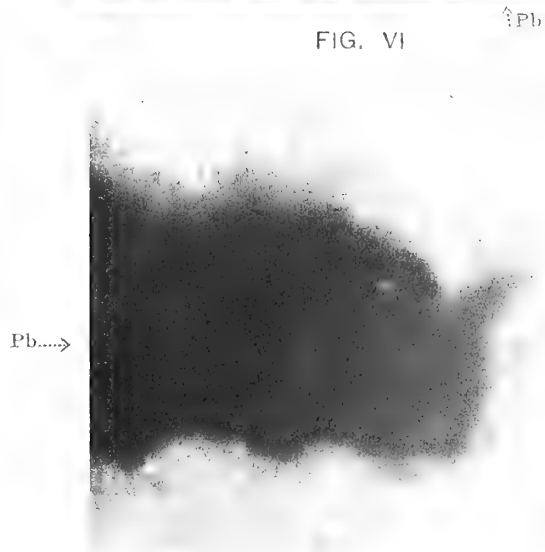



Fig. I. Sol. di Piombo colloidale nell'acq. dist. al microscopio comune. — Fig. II. Sol. di Piombo colloidale nell'acq. dist. all' ultramicroscopio. — Fig. III. Sol. coll. di Piombo nell' acq. dist. con cristalli colloidali. — Fig. IV. Sol. di Piombo colloidale nell' acq. dist. in ambiente povero di Ossigeno con cristalli colloidali. — Fig. V. Sol. colloidale di Piombo in acq. dist. con 2 o|o di NO 3 K con cristalli colloidali e patina poco spessa fortemente aderente al Piombo. — Fig. VI. Stessa sol. di fig. III;

RELAZIONE

letta dal Corrispondente VIOLA, a nome anche del Socio STRUEVER, nella seduta del 5 febbraio 1911, sulla Memoria del prof. FEDERICO MILLOSEVICH, avente per titolo: *Studî sulle rocce vulcaniche di Sardegna. — II. Le rocce di Uri, Olmedo, Ittiri, Putifigari e delle regioni adiacenti.*

L'autore espone in questa Memoria, seconda, i risultati del suo studio geognostico-petrografico eseguito nella interessante regione situata a Sud e a Sud-Ovest di quella di Sassari-Portotorres, sulla quale ultima trattava la sua prima Memoria, pubblicata in questa Accademia nel 1908. Esposti alcuni cenni sui fatti geognostici nella I parte, l'autore si diffonde nella II parte sui caratteri microscopico-chimici dei principali tipi di rocce, quali le felsotrachidaciti, felsodaciti, vitrotrachidaciti, vitrotrachiandesiti (toscaniti di Washington), andesiti iperstenıche, andesiti augitiche, le rocce degli inclusi nelle trachidaciti e trachiandesiti, gli elementi del conglomerato poligenico di Monte Palmas e i tufi vulcanici.

Questa cospicua varietà di rocce riceve una comprensione chiara con la sistematica, che l'autore fa seguire nella III parte del lavoro; con la discussione sui caratteri chimici e mineralogici che egli ha creduto indispensabile associarne; e con i confronti, opportunamente scelti e conosciuti, delle coste mediterranee.

Le ricerche eseguite forniscono le prove per dimostrare l'esistenza di due eruzioni di rocce effusive, acide e basiche; eruzioni che si succedettero a notevole intervallo nell'epoca miocenica. Ciò si trova condensato ed esposto chiaramente nella IV parte del lavoro.

La Commissione riconosce che questo studio del Millosevich è il primo tributo, e bene coordinato e ampio, relativo ad una regione che fino ad ora è rimasta inesplorata dopo la magistrale pubblicazione del Lamarmora. Le ricerche eseguite con metodi esatti e di fiducia, sono garanzia dei risultati ottenuti, che perciò sono utili per la scienza, e formeranno materiale prezioso per la compilazione della carta geologica della Sardegna, di cui si sente tuttora grandemente il bisogno.

La Commissione, mossa da codesta duplice serie di considerazioni, scientifica e pratica, propone che il lavoro presentato dal Millosevich sia inserito in esteso nelle Memorie dell'Accademia, unitamente alla tavola microfotografica come parte integrale del testo.

Studii sulle rocce vulcaniche di Sardegna.

II. Le rocce di Uri, Olmedo, Ittiri, Putifigari e delle regioni adiacenti.

Memoria di F. MILLOSEVICH

(con una tavola).

In questa seconda Memoria sulle rocce vulcaniche di Sardegna, che riguarda i territorî di Usini, Uri, Olmedo, Putifigari e parte dei territorî di Alghero, Ittiri e Florinas, espongo i risultati dello studio particolareggiato sul terreno e in laboratorio delle rocce vulcaniche, che si trovano nella regione immediatamente finitima a Sud e Sud-Ovest di quella di Sassari e Portotorres, che fu oggetto della mia prima Memoria pubblicata negli atti di questa Accademia nel 1908.

Dall'estremo lembo Nord-Ovest delle formazioni vulcaniche della Sardegna mi accosto quindi alla regione centrale-occidentale, dove queste formazioni trovano il massimo sviluppo.

Il territorio studiato, benchè più esteso di quello della Memoria precedente (circa 250 km.^{2}), e benchè più abbondanti sieno in esso le manifestazioni vulcaniche, rappresenta ancora una piccola parte del campo totale di ricerca. In compenso, anche in questa Memoria lo studio geognostico, frutto di moltissime e faticose escursioni, è abbastanza particolareggiato. Con ciò seguo il piano prefissomi fin da principio di preparare cioè, per quel che riguarda la storia delle eruzioni sarde, il materiale per gli studî geologici propriamente detti. Infatti, non ostante le numerose Memorie, note e noterelle più o meno di indole generale e riassuntiva, apparse anche negli ultimi tempi, manchiamo ancora di una descrizione metodica e particolareggiata di tutte le rocce vulcaniche della Sardegna. La regione poi, che è oggetto del presente lavoro, è quasi assolutamente vergine per gli studî petrografici, mentre delle regioni più al Sud, specie del Monte Ferru, molto è già noto per ricerche precedenti.

Anche in questa parte dei miei studî sulle rocce sarde appare l'importanza massima che ha per esse l'analisi chimica, poichè esse sono in gran maggioranza a base vetrosa abbondantissima ed hanno, anche per vaste estensioni, una costituzione mineralogica qualitativa assai uniforme.

Come apparirà dal contesto del lavoro, ho la soddisfazione di potere in questa seconda Memoria confermare pienamente ed anche in parte allargare le modestissime e sobrie conclusioni che potei trarre dalla prima, così dal punto di vista puramente petrografico, come da quello geologico.

I.

Cenni geognostici sulla regione.

Territorio della Nurra (fra S. Giorgio ed Olmedo).

Il giacimento di rocce vulcaniche, che primo si riannoda a quelli descritti nella precedente Memoria, è quello che si incontra nella deserta regione attraversata dalla ferrovia secondaria Sassari-Alghero, tra la fermata di S. Giorgio e la stazione di Olmedo, appena oltrepassata la valle del Riu Mannu. Dopo le alture dette Monte Scala Bianca [1], a sinistra del, fiume l'antica via ordinaria da Sassari ad Alghero, ora ridotta ad una semplice mulattiera, si congiunge alla strada ferrata, dove questa nel lembo settentrionale di Monte Palmas taglia in trincea una specie di formazione conglomeratica con elementi di grandezza variabilissima, dalle dimensioni di una noce in giù, fra i quali predominano rocce di natura ed origine varia, ma prevalentemente vulcaniche, insieme con minerali sciolti, per lo più costitutivi anch'essi delle rocce vulcaniche vicine. È questo un conglomerato che ben può definirsi come poligenico: quando ne descriveremo più particolarmente gli elementi, ne faremo risaltare non solo la natura, ma anche la provenienza diversa.

Sembra che tale formazione conglomeratica, assai poco estesa e poco potente, si trovi fra gli strati calcarei miocenici, che non contribuiscono in nessun modo ai ciottoli di cui essa è formata, e le rocce trachiandesitiche e trachidacitiche sottostanti. Queste si estendono di qui verso occidente, cioè verso Olmedo, per più di 2 km. in linea retta. La ferrovia le attraversa dal casello 9 fino a poco più in là del casello 11, cioè fino al ruscello Trainu Ipilidu, dove si ritrova il calcare miocenico, che un paio di chilometri dopo, in vicinanza di Olmedo, in Regione Becuzzo e in Regione Mata de Giudeu, cede il posto al calcare cretaceo [2]. Tutto questo tratto di territorio è pianeggiante o poco accidentato. La Punta Ruia (m. 104) vi forma uno scoglio trachitico isolato, che si eleva ben poco sulla circostante pianura, e il ruscello Trainu Ipilidu vi incide una valletta con *thalweg* trachitico e con un versante, il destro, parimenti trachitico, mentre il sinistro è calcareo. Regione triste ed incolta, una delle più deserte della Sardegna. La vegetazione di arbusti, caratteristica della macchia mediterranea ha, secondo le mie osservazioni in questo e in altri luoghi, una stretta relazione con la natura del suolo, poichè predominano i *Myrthus* e in particolar modo il *Myrthus communis*, dove il terreno è calcareo, e sono invece prevalenti i *Cistus*, specialmente il *Cistus monspeliensis*, sulle rocce trachitiche.

[1] Le denominazioni topografiche sono tolte dai fogli 179, 180, 192 e 193 della Carta Topografica d'Italia edita dal R. Istituto Geografico Militare.

[2] Secondo il Lamarmora, le rocce vulcaniche dalla parte di Olmedo verrebbero direttamente in contatto col calcare cretaceo. Secondo le mie osservazioni tale contatto si verifica nelle alture ad occidente di Olmedo, di cui dovremo occuparci in seguito, ma non nel tratto di territorio fra S. Giorgio ed Olmedo. (Ved. Lamarmora, *Voyage* ecc., 3, I, pp. 186-187).

Queste, pur presentando molte varietà di colore e di aspetto esterno, si riannodano a soli due tipi, anch'essi non molto differenti fra loro. Subito dopo la formazione conglomeratica con la quale si inizia il terreno vulcanico dal lato di S. Giorgio, cioè a piedi di Monte Palmas, appaiono dapprima rocce nerastre a base vitrea appariscente anche all'esame esterno e con la lucentezza e i caratteri proprî della pietra picea. Esse sono piene di inclusi estranei che corrispondono perfettamente ai ciottoli vulcanici del conglomerato vicino. Poi, verso il centro della formazione vulcanica, il tipo schiettamente vitreo cede il posto ad un tipo assai più abbondante, di aspetto esterno litoide o felsitico, di color vario ma sempre sulle tinte rossastre, con pochissimi inclusi di rocce estranee e con scarsissimi interclusi porfiricamente diffusi nella massa fondamentale abbondantissima. Dalla parte di Olmedo, cioè al ruscello Trainu Ipilidu, questo considerevole affioramento di rocce vulcaniche torna a nascondersi sotto il calcare con un tipo vetroso, molto alterato, di color rossastro e assai ricco di inclusi estranei.

L'affioramento di rocce trachitiche fra S. Giorgio ed Olmedo è certamente la diretta continuazione di quello della Valle del Riu Mannu descritto nella mia prima Memoria (pag. 17), che si trova più al Nord di circa 3 chilometri e ne è separato da un pianoro calcareo miocenico (Tanca Arconi e C. Baddi Funtana), che rappresenta in questa regione lo spartiacque fra il golfo dell'Asinara e quello di Alghero. Nel tratto fra S. Giorgio ed Olmedo le rocce vulcaniche restano nelle quote altimetriche fra 60 ed 80 metri (solo alla Punta Ruia, che è uno scoglio isolato, arrivano a 104 metri): il pianoro di Tanca Arconi e C. Baddi Funtana si mantiene in quota fra 100 e 110 metri e, al di là di esso, in quote più basse, sui versanti e nel fondo della valle del Riu Mannu, si ritrovano le rocce vulcaniche. Vedremo in seguito la grande analogia petrografica e chimica fra le rocce dei due giacimenti, che sono senza alcun dubbio la diretta continuazione l'uno dell'altro. Come nella valle del Riu Mannu, anche fra S. Giorgio ed Alghero il tipo schiettamente vitreo anche all'apparenza esterna si può ritenere una *trachiandesite vitrofirica*, mentre il tipo di aspetto litoide o felsitico appartiene certamente alla famiglia delle *trachidaciti.*

Territorio di Olmedo. Monti detti di Pala Reale, fra Olmedo e Uri.

Proseguendo verso Olmedo, dopo il considerevole affioramento di rocce vulcaniche ora descritto, cioè dirigendosi verso Sud-Ovest lungo la strada ferrata, ho detto che si trova di nuovo il calcare miocenico, ma per poco, perchè in R. Recuzzo e in R. Mata de Giudeu si passa al calcare ippuritico del cretaceo descritto dal Lamarmora ([1]), che si segue fino ad Olmedo. Si noti incidentalmente che il Lamarmora, nè sulla carta, nè nella descrizione geologica fa notare il lembo di calcare miocenico interposto fra questo cretaceo e il vulcanico e poi di là da quest'ultimo fino al Riu Mannu; per lui, tutti i terreni sedimentarî, che si riscontrano fra Olmedo e San Giorgio, sono cretacei.

([1]) *Voyage,* parte 3ª, vol. 1°, pag. 185-187.

Le rocce vulcaniche si ritrovano proprio nelle immediate vicinanze di Olmedo, e di qui verso Est costituiscono tutto il territorio interposto fra questo villaggio e l'altro di Uri; formano cioè il gruppo collinoso detto genericamente di Pala Reale. Al nuraghe Scala de Sainu, a poco più di un chilometro ad Est di Olmedo cominciano queste alture, e qui si vedono le rocce vulcaniche sovrapporsi nettamente al calcare ippuritico. Il Lamarmora parla di fenomeni di metamorfismo indotti dal magma vulcanico nel calcare, sopra il quale si è effuso; io potei osservare soltanto un arrossamento della roccia calcarea (per presenza di ossidi di ferro) in vicinanza delle roccie effusive. Dall'altro lato di questo gruppo di colline, cioè ai piedi di Monte Sa Figu verso Uri, nelle vicinanze della cantoniera detta di Scala Cavallo, si ritrova un altro lembo di calcare cretaceo. Anche qui, come è lecito supporre, si vedono le rocce vulcaniche ricoprire nettamente le sedimentarie.

Ho campioni di rocce tolte in diversi punti delle alture di Pala Reale: al nuraghe Scala de Sainu prevalgono delle rocce di color rosso cupo a massa fondamenta e abbondante con pochi interclusi quasi tutti feldspatici, di acidità rilevante, che si possono considerare come vere *daciti* (*felsodaciti*): in regione Sa Pischina Manna, oltre a rocce della stessa natura, si hanno tipi vetrosi nerastri meno acidi, più ricchi di interclusi, fra cui pirosseni come elementi ferro magnesiaci, e che corrispondono alle *trachiandesiti vitrofiriche* (*toscaniti*) già da me descritte nella valle del Riu Mannu: e così alternansi a Fonte Pistidda e a Monte Sunchinu i due tipi suaccennati.

Dal lato delle alture di Pala Reale che degrada verso Uri, cioè a Monte Miale Ispina e a Monte Sa Figu, predomina il tipo vitrofirico con base fondamentale più chiara e che si differenzia dai precedenti per il fatto che fra gli elementi colorati comincia ad apparire la biotite, la quale anzi in alcuni tipi di queste, che si possono ancora chiamare *trachiandesiti vitrofiriche*, prevale sul pirosseno. In complesso il tipo vitrofirico o nerastro, come quello fra S. Giorgio e Olmedo o della valle del Riu Mannu, o grigio chiaro più povero di cristalli porfirici e un po' più acido del precedente, predomina in tutto il gruppo di Pala Reale sopra il tipo felsitico sempre più acido, che appare meno frequente. Fatto costante anche qui, come altrove, è che il tipo vitrofirico è sempre ricchissimo di inclusi estranei appartenenti specialmente ad andesiti basiche, mentre il tipo felsitico, se non del tutto esente, ne è assai scarso.

Il giacimento di Pàla Reale si riannoda a Sud-Est con quelli di Uri e di Ittiri, e a Sud con quelli di Monte Crasta, Putifigari e Alghero. Con quest'ultimi conserva anche molto stretta l'analogia litologica, che tende invece a diminuire nelle rocce di Uri e di Ittiri, la cui caratteristica è di avere sempre come elemento ferromagnesiaco la biotite.

Territori di Ittiri, di Uri, e, in parte, di Florinas.

Lungo la via che da Sassari conduce ad Ittiri passando per Usini, se si eccettuano gli affioramenti di rocce vulcaniche di S. Anatolia, già descritte nella precedente Memoria, che in regione Caniga, appena fuori della città, sono lambiti dalla strada, questa percorre sempre i terreni calcarei dell'elveziano, che costituiscono la

regione interposta fra Sassari ed Usini e poi tutto il territorio di questo paese e gran parte di quello di Ittiri. Poco più di un chilometro dopo il ponte sul Riu Mannu ed entrando nella valle del suo affluente il Riu Minore, dove la strada con alcune strette giravolte si innalza sulle pendici orientali del Monte Casellone, appare isolato un piccolo, ma interessante affioramento di rocce vulcaniche. Quivi, al disotto delle solite rocce calcaree, si notano alcuni strati, ben poco potenti, di una roccia che si può ritenere un *tufo vulcanico*. Appare già da quanto ho detto nella precedente Memoria, e sarà confermato da quanto sarò per dire in seguito, la scarsissima diffusione che hanno in questa parte della Sardegna le formazioni vulcaniche tufacee, in contraddizione a quanto in proposito ebbe ad asserire il Lamarmora [1], che cita la presenza di tufo trachitico a S. Anatolia e in altre delle località da me descritte. È molto probabile che in molti casi l'illustre geologo piemontese, che non poteva certo disporre degli odierni mezzi del petrografo, abbia scambiate per tufo alcune rocce massicce semplicemente alterate, specie di quelle a tipo più schiettamente vetroso o retinitico, devitrificate e ricche d'inclusi. Di veri tufi nella regione da me studiata non vi sono che questi della piccola formazione di Monte Casellone ed altri di una formazione consimile un poco più estesa, che incontreremo nei pressi di Uri. Si noti inoltre che parte del conglomerato poligenico di Monte Palmas può essere considerata come un tufo. Immediatamente al di sotto degli strati di tufo biancastro o giallognolo di Monte Casellone, si ha un dicco di roccia vulcanica di color nerastro e di aspetto vitreo retinitico, ricca di cristalli di feldspato porfiricamente diffusi. La parte superficialissima di essa ha perduto per alterazione l'aspetto vitreo e si presenta opaca terrosa, lasciando bene spiccare e gli interclusi feldspatici relativamente freschi e gli abbondanti inclusi estranei. Tale roccia è ancora una *trachidacite vitrofirica*, e sarà descritta più minutamente in appresso.

Dopo questo piccolo affioramento la strada continua, sempre salendo per parecchi chilometri sugli strati calcarei miocenici, fino al grosso paese di Ittiri, che in parte è costruito sul calcare, in parte sulla trachite: e precisamente, il lato alto di settentrione sul primo e il lato più basso di mezzogiorno sulla seconda. Ma anche nella parte più elevata gli strati sedimentarî hanno ben poca potenza perchè nei pressi dell'Ospedale (441 metri), al di sotto di essi, è aperta una cava di una roccia grigia con *Schlieren* e bande di vetro nero, ricca assai di inclusi estranei e che corrisponde esattamente a quella osservata sotto il tufo di Monte Casellone. Questa roccia più o meno alterata, che si presenta ora con aspetto decisamente vitreo, ora con aspetto granulare terroso, ma sempre con residui macroscopicamente evidenti di base vetrosa, prende un grande sviluppo nel territorio di Ittiri e in quello limitrofo di Uri; la si trova verso Nord-Est andando per la mulattiera da Ittiri a Florinas, e costituisce gran parte del terreno in regione Sa Figu, in regione S. Maurizio e in regione Campu luntanu, fino a raggiungere di nuovo il Riu Mannu qualche chilometro più a monte del ponte ricordato di sopra. In tutto questo tratto (5 chilometri in linea retta), che trascorre fra Ittiri e il Riu Mannu, la roccia vitrofirica si alterna con altra felsitica di color generalmente rossastro, nella quale è aperta una cava importante in prossimità stessa

[1] *Voyage* ecc., parte 3ª, vol. 1°, cap. XII.

del paese presso la Fonte Sa Teula, sulla via maestra per Tiesi, senza che i rapporti di giacimento fra ambedue appaiano ben chiari. Invece il calcare miocenico forma sopra di esse delle vere isole nei punti più elevati di questo tratto, come ad esempio nella collina calcarea a base trachitica, dove si elevano i ruderi di N. S. di Coros (502 metri).

Il Riu Mannu, nel punto dove la mulattiera Ittiri-Florinas lo attraversa con un guado, circa cioè allo sbocco del Riu di Briai, segna il confine fra le rocce effusive e le sedimentarie. Al di là del fiume ci si trova sul calcare miocenico elveziano. Risalendo la valle di Briai verso Florinas, le alture a sinistra Montigiu (313 metri) e Monte Mannu (460 metri) e a destra Pala Mantedda (337 metri) sono costituite di strati calcareo-argillosi [1]; ma a Pala Mantedda, al disotto di essi, appare un limitato affioramento di rocce vulcaniche, che differiscono notevolmente da quelle di Ittiri e di Uri. Sono rocce più basiche e precisamente *andesiti iper躍steniche* e *andesiti augitiche*, perfettamente corrispondenti a quelle che si osservano in posto pure sotto gli strati dell'elveziano a Val Barca e alla cantoniera di Abealzu, fra Sassari ed Osilo. Già a suo tempo feci notare l'importanza dei giacimenti di rocce consimili nel Sassarese, che permettono di stabilirne nettamente l'età preelveziana negata dal Lamarmora e da altri che le ritengono posteriori: ciò che si osserva a Pala Mantedda conferma pienamente le conclusioni alle quali son giunto precedentemente. Giova inoltre ricordare che gli inclusi estranei, che si trovano nelle trachiandesiti, specie in quelle a tipo nettamente vitrofirico, appartengono in grandissima parte a rocce del tipo di queste, che qui si trovano in posto.

Ritornando ad Ittiri ed uscendone verso Nord-Ovest, cioè per la via provinciale che mena ad Alghero, si cammina per un tratto sul contatto fra le rocce sedimentarie e le vulcaniche; le alture di Cucuru Borru (366 metri) e di Punta Luzzanas (325 metri) a destra sono calcaree, mentre Monte Pedrosu (340 metri) a sinistra è trachitico. Dirigendosi ad Uri, e lasciando la strada maestra, si osservano le rocce vulcaniche in forma della solita roccia vitrofirica nerastra, a principiare dal nuraghe Sa Signora (288 metri), estendersi in basso per Monte S. Elias (175 metri) verso Uri (150 metri) e al di là di questo villaggio stesso, fino a perdersi di nuovo sotto le rocce calcaree in regione Terra Ruia. Presso l'abitato di Uri, sopra la roccia suddetta si trova un banco sottile di roccia a decisa struttura microfelsitica di color bianco, e, sopra ancora di questa, una formazione assai poco potente, che dubitativamente si può ritenere per un tufo come quello di Monte Casellone.

Per quel che riguarda la loro costituzione chimica mineralogica e la loro struttura, le rocce di Ittiri e di Uri (escluse quelle di Pala Mantedda, che del resto appartengono al territorio di Florinas) possono riunirsi in due gruppi la cui differenza è più strutturale che chimica mineralogica, cosicchè possono chiamarsi rispettivamente *felsotrachidaciti* e *vitrotrachidaciti*. La loro differenza mineralogica essenziale dai tipi consimili, o un po' più basici (trachiandesiti), che si trovano al nord nella Nurra o nell'Agro Sassarese, è la prevalenza della biotite come elemento ferro-magnesiaco.

[1] Taramelli T., *Alcune osservazioni geoidrologiche sui dintorni di Alghero,* Rend. Ist. Lomb., *39,* 1906, (423-424).

Territorio di Putifigari e, in parte, di Alghero.

Nel territorio di Uri, e precisamente nei pressi della cantoniera di Scala Cavallo, dove un limitatissimo lembo di calcare miocenico si trova ancora a ricoprire le rocce trachitiche, una sella poco elevata, sulla quale si inerpica la provinciale Ittiri-Alghero, separa il gruppo collinoso di Pala Reale da un altro più importante situato a mezzogiorno, che distingueremo col nome della sua punta principale, cioè di Monte Crasta (275 m.).

Quivi il vulcanico prende ormai il suo massimo sviluppo; e la medesima formazione molto monotona e con poche varietà anche di struttura esterna si continua per Monte Fenosu e Punta Sa Nalva fino a Putifigari. Sono sempre *rocce trachidacitiche* dei termini più acidi della serie, con struttura microfelsitica, assai povere di interclusi e questi quasi esclusivamente feldspatici, sulle tinte rosse piuttosto scure. Il tipo vitrofirico lo ho riscontrato in questo territorio solo in Regione S' Ena Canu, circa a mezza strada fra Uri e Putifigari, sulle falde nord-ovest di Monte Crasta; e anche qui è ricco di inclusi estranei, mentre le rocce felsitiche non lo sono. Veri e proprî tufi in queste regioni non mi fu dato di osservare, ma essi si ritrovano invece un po' più a sud nei pressi di Villanova Monteleone e nel tratto fra Villanova e Alghero. Ho riscontrato poi dei conglomerati ad elementi vulcanici fra Putifigari e Villanova, di cui darò la descrizione in altra Memoria insieme con quella delle rocce della regione, che segue immediatamente a questa dal lato di mezzogiorno.

Fra Putifigari e Alghero le alture di Monte Maiore (331 m.), di Punta Casteddu (177 m.), di Serra Listinchinu (175 m.), di Monte Matteatu (136 m.), sono costituite ancora di *rocce daciticke* o *trachidacitiche* a struttura microfelsitica. A Monte Matteatu, dove le colline declinano nella pianura che si stende verso il mare costituita da una formazione arenacea quaternaria, si trova una roccia, che è difficile definire se sia un tufo o una roccia estremamente alterata, nella quale si intrecciano filoncelli irregolari di minerale di manganese (*pirolusite* in massima parte). Un pozzo eseguito per la ricerca di questo minerale ha fatto risaltare un fatto assai interessante, la presenza cioè, a poca profondità, della solita andesite augitico-iperstenica basica, che abbiamo incontrata in posto a Pala Mantedda (Florinas), a Val Barca (Sassari), ad Abealzu (Osilo) e che ha grande sviluppo nell'Anglona. In punti dunque assai discosti, agli estremi opposti del territorio studiato si trova in posto una tal roccia, che è larghissimamente rappresentata fra gli inclusi estranei delle rocce più recenti e nei conglomerati vulcanici della regione.

Dopo Monte Matteatu le rocce vulcaniche si perdono verso occidente sotto la formazione arenacea quaternaria, ma invece si congiungono a mezzogiorno con quelle della interessante regione fra Villanova Monteleone ed Alghero, le quali, anche perchè hanno caratteri geologici e litologici alquanto diversi, saranno oggetto di una ulteriore particolare descrizione nel seguito di questi studî petrografici.

II.

Descrizione petrografica dei principali tipi di rocce della regione.

Felsotrachidaciti e felsodaciti.

Felsotrachidaciti della Nurra (fra S. Giorgio e Olmedo), di Ittiri (Cava Sa Teula) (¹), di S. Maurizio (fra Ittiri e Florinas), dei pressi di Scala Cavallo, ecc.

Felsodaciti di Pala Reale (fra Olmedo ed Uri), di Monte Crasta (fra Uri e Putifigari), di Monte Maiore (Putifigari), ecc.

Per amore di brevità riassumo i caratteri generali e comuni a questa categoria di rocce così largamente rappresentate nella regione, che è oggetto del presente studio, riservandomi di far notare, dove sarà necessario, i caratteri particolari e speciali di qualcuna di esse.

Macroscopicamente sono rocce che presentano una tinta rossa su tutti i toni: dal roseo al rosso mattone e talvolta al rosso giallastro. La loro massa fondamentale, sempre abbondantissima rispetto agli interclusi, ha apparenza esterna uniforme litoide, talora liscia omogenea un poco lucente porcellanacea, talora invece ruvida, trachitica o anche granulare o terrosa. Una struttura entaxitica a *Schlieren* più chiare e più scure appare evidente anche esternamente in qualche località: come vedremo, una tale struttura è quasi costantemente rivelata dall'esame microscopico.

Qualche incluso di roccia estranea, a spigoli vivi e di dimensioni piuttosto piccole, si trova nelle rocce di tale natura, in alcuni luoghi in maggiore, in altri in minore, ma sempre in piccola quantità.

I minerali porfiricamente disseminati, sempre di dimensioni piuttosto piccole, sono feldspati calcico-sodici generalmente freschi, di aspetto microtinico: quasi da per tutto sfuggono all'esame macroscopico gli scarsi e mal conservati elementi colorati.

Al microscopio si notano nella massa fondamentale assai predominante interclusi di feldspati calcico-sodici, in genere di modeste dimensioni, di feldspati alcalini sempre accessorî o accidentali e talvolta mancanti, di elementi colorati costituiti o da pirosseno (trimetrico e monoclino) o da biotite o da ambedue i minerali, infine di magnetite, ilmenite e di altri minerali accessorî localizzati qua e là e dei quali sarà fatto cenno in seguito.

In queste rocce i *feldspati calcico-sodici* appartengono tutti a miscele piuttosto acide. In genere sono di due generazioni, una delle quali molto abbondante, più basica e con più perfetto idiomorfismo. Essa è rappresentata nella trachidacite della Nurra da interclusi di piccole dimensioni, listiformi, molto freschi ed omogenei, che per i ca-

(¹) Rocce trachitiche dei dintorni di Ittiri furono descritte brevemente da Bertolio S., *Contribuzione allo studio dei terreni vulcanici di Sardegna*. Bollettino del R. Comitato geologico d'Italia, 1896, *27*, 181.

ratteri ottici si rivelano appartenenti ad una *andesina acida* (a un dipresso $Ab_5 An_3$). Infatti i valori massimi di estinzione simmetrica nei geminati, secondo la legge dell'albite, non oltrepassano i 15°; quelli della differenza Δ, secondo Michel-Levy, non oltrepassano 8°.

In altre trachidaciti, come quella di Sa Teula presso Ittiri, i feldspati più abbondanti appartengono ad una miscela di media acidità, cioè ad una *labradorite* all'incirca $Ab_1 An_1$ (massimo della estinzione simmetrica, 25° circa; della differenza Δ, 15° circa).

Nelle vere daciti come quelle di Monte Maiore presso Putifigari, è ancora una *andesina acida*, il feldspato predominante.

Sono presenti in tutte le rocce felsotrachidacitiche o felsodacitiche, benchè in quantità assai accessorie, dei feldspati in cristalli di dimensioni più grandi dei precedenti, ma con un grado meno perfetto di idiomorfismo. Essi hanno angoli di estinzione, rispetto alle tracce delle sfaldature principali, sempre piccolissimi; assai basso è pure il valore massimo dell'angolo di estinzione simmetrica nei geminati: l'indice loro di rifrazione è appena superiore a quello del balsamo ($n = 1,53$). Devono quindi ritenersi appartenenti a miscele *oligoclasiche*.

Riferisco invece a *feldspato alcalino*, e dubitativamente ad *anortoclasio*, dei rari interclusi, che si trovano soltanto in alcune sezioni di queste rocce e che hanno indice di rifrazione inferiore a quello del balsamo, estinzione ondulosa, accenni di lamelle di geminazione polisintetica e angolo di estinzione piccolo o nullo rispetto alle tracce di sfaldatura.

Passando agli elementi colorati, giova anzitutto far notare la loro grande scarsità in tutto questo gruppo di rocce. Nelle felsotrachidaciti della Nurra sono scarsissimi, e in grado più o meno avanzato di alterazione: in esse possono riferirsi ad *iperstene* delle sezioni completamente bastitificate; l'esistenza di *augite* per gli interclusi più grandi non è sicuramente determinabile, mentre questo minerale si trova sicuramente in microliti e laminette nella massa fondamentale; la *biotite* con pleocroismo dal giallo al bruno-rossastro e trasformata in parte in *clorite*, è poco abbondante nelle rocce della Nurra.

Nelle felsodaciti propriamente dette, la determinazione degli elementi colorati è più difficile: essi mancano talora del tutto, o quei pochi che si riscontrano sono completamente alterati, o riassorbiti dal magma: in ogni modo, si può ritenere che queste felsodaciti (ad es. quelle di Monte Crasta e di Monte Maiore) sieno più pirosseniche che biotitiche.

Al contrario, sono prevalentemente biotitiche le felsotrachidaciti di Ittiri (Sa Teula) e di Uri: quivi la *biotite* è in lamine piuttosto grandi, molte volte freschissime, con forte pleocroismo dal verde giallognolo al bruno cupo. L'*iperstene* invece vi è raro in sezioni, col caratteristico contorno ottagono, con la parte interna trasformata in un aggregato fibroso bastitico e l'orlo in ossido ferrico di color bruno.

Le segregazioni metalliche del magma di queste rocce dacitiche e trachidacitiche sono *magnetite* ed *ilmenite*, quest'ultima forse più abbondante. Un fatto interessantissimo è la presenza, in queste rocce, dell'*anatasio*: a questo minerale infatti ascrivo dei granuli o dei cristalletti di colore azzurrognolo, pleocroici, dall'azzurro

cupo all'azzurro grigiastro chiaro, con rifrazione, birifrazione e dispersione assai forti. È evidente che l'anatasio, che si trova tanto nelle rocce della Nurra quanto in quelle di Ittiri ecc., non è un componente originario di esse, ma è un prodotto dell'alterazione chimica di un minerale titanifero: infatti, osservando attentamente i numerosi cristalli di ilmenite e anche di magnetite (che deve essere certamente titanifera), si vedono nell'interno di essi delle zone non più opache, non più a riflesso metallico, ma trasparenti azzurrognole e con tendenza al pleocroismo. Man mano che l'alterazione procede, queste zone si allargano, diventano sempre più trasparenti, finchè si hanno delle sezioni completamente trasformate in anatasio. La derivazione di un tale minerale dalla titanite contenuta in parecchie rocce, è un fatto comunemente osservato: meno comune è la sua derivazione da ilmenite o da magnetite titanifera, e nella letteratura petrografica posso citare in proposito le osservazioni del Diller (¹) e del von Luczizki (²), il quale ultimo ha constatato un fatto analogo in una porfirite quarzosa, in una roccia cioè che, chimicamente e mineralogicamente, ha molti rapporti con queste rocce sarde.

La *massa fondamentale*, più microfelsitica che vitrea, ha per trasparenza un colore vario sulle tinte giallognole o rossastre e struttura fluidale eutaxitica. La fluidalità è data dalla disposizione in serie ad andamento a un dipresso parallelo dei numerosi cristalliti o di granulazioni di colore bruno e rossastro, che appaiono come allineati in innumerevoli file uno dopo l'altro. Accade di osservare talora che una di dette serie si biforchi, o che invece due serie confluiscano in una sola. Lo addensarsi più o meno fitto, nella massa della roccia, dei cristalliti, che sono formati in genere da ossidi di ferro, fa sì che la struttura appaia eutaxitica a *Schlieren* più scure, perchè più ricche di corpi estranei, e *Schlieren* più chiare di apparenza più omogenea. Le *Schlieren* chiare presentano spesso a nicols incrociati una lieve luminosità dovuta alla polarizzazione di un aggregato allotriomorfo di feldspato e quarzo, appena riconoscibile con i forti ingrandimenti.

In alcune varietà di queste rocce è evidente l'esistenza di zone a distinta struttura fibrosa, che accennano dove a sferoliti, dove ad axioliti; in altre la massa fondamentale con cristalliti, granulazioni ecc., appare più distintamente vetrosa e la struttura fluidale non è così evidente; in altre infine, che sono forse in uno stadio di più progredita alterazione, accade di vedere una base fondamentale più chiara e apparentemente più omogenea, ma con devitrificazione più spiccata e costituita quasi totalmente da un minutissimo aggregato granofirico di quarzo e feldspato.

Per lo più, un tal genere di struttura si trova più frequente nei tipi trachidacitici micacei, mentre nei tipi pirossenici e nei tipi più schiettamente dacitici prevale la struttura microfelsitica fibrosa; ma infiniti gradi di passaggio legano la struttura di un tipo di roccia all'altro, e nella stessa roccia è dato di riscontrare contemporaneamente l'uno o l'altro dei modi di struttura, cui ho accennato or ora.

(¹) Diller I. S., *Anatas als Umwandlungs produkt von Titanit im Biotitamphibolgranit der Troas.* Neues Jahrbuch 1883, I, 187.

(²) Von Luczizki W., *Petrographische Studien zwischen Erbendorf uad Neustadt an der Waldnaab* (*Oberpfalz*). Centralblatt für Miner 1904, 577.

Tranne che nei piccolissimi granuli degli aggregati allotriomorfi presenti talora nella massa fondamentale, queste rocce non hanno il quarzo fra i costituenti distinti. Peraltro la massa fondamentale anche all'analisi si dimostra assai acida e per di più è in quantità assai prevalente sopra i minerali di prima generazione. Queste ed altre ragioni, che esporrò in altro luogo, mi fanno assegnare le rocce descritte alla famiglia delle daciti, denominando trachidaciti quelle più ricche in metalli alcalini, e daciti in senso stretto quelle che contengono minor quantità di siffatti metalli, pur dimostrando con le prime affinità mineralogiche chimiche e genetiche strettissime e una infinita serie di gradi di passaggio.

Ecco per ora i risultati dell'analisi chimica di due felsotrachidaciti e di una felsodacite, rimandandone la discussione e il confronto con altre rocce ad un successivo capitolo:

Felsotrachidacite della Nurra (fra S. Giorgio ed Olmedo)

SiO^2	69,59
TiO^2	0,49
Al^2O^3	13,78
Fe^2O^3	3,68
FeO	0,37
MnO	tr.
MgO	0,49
CaO	3,07
Na^2O	4,39
K^2O	3,96
perd. p. arrov.	1,02
	100,84

Felsotrachidacite di Fonte Sa Teula (Ittiri)

SiO^2	69,36
TiO^2	0,54
Al^2O^3	15,93
Fe^2O^3	1,49
FeO	0,40
MnO	tr.
MgO	0,27
CaO	3,05
Na^2O	3,18
K^2O	4,29
perd. p. arrov.	0,79
	100,30

Felsodacite di Monte Maiore (Putifigari)

SiO^2	70,49
TiO^2	0,72
Al^2O^3	14,24
Fe^2O^3	4,15
FeO	0,79
MnO	tr.
MgO	0,62
CaO	2,38
Na^2O	3,63
K^2O	1,31
perd. p. arrov.	1,79
	100,12

VITROTRACHIDACITI.

Vitrotrachidaciti di Monte Casellone (fra Usini e Ittiri), di Ittiri (Cava dello Ospedale), di Uri (Riu Su Padru), ecc.

Le rocce di un tale tipo, che trovano la loro maggior diffusione nei territorî di Ittiri e di Uri, presentano nei varî affioramenti osservati una grande uniformità e mostrano solo, da luogo a luogo, poco rimarchevoli differenze strutturali, grado più o meno avanzato di alterazione, e variazioni non troppo grandi nella quantità relativa dei componenti mineralogici.

Macroscopicamente hanno l'aspetto di un vetro nero retinitico, talora con *Schlieren* biancastre opache: nei tipi più alterati il vetro è ancora rappresentato da piccole bande nere, che attraversano la roccia, la quale ha quasi perduto la lucentezza e il color nero ed ha assunto un colore grigiastro e un aspetto ruvido trachitico. Spiccano sempre interclusi feldspatici microtinici, la cui freschezza in genere rimane immutata anche nei tipi alterati. Notevole in queste rocce è la grande quantità di inclusi estranei che contengono: si tratta di frammenti di varie dimensioni (da un paio di centimetri a un paio di millimetri nel maggior diametro), sempre abbondanti, talora abbondantissimi, così da dare l'aspetto di una specie di breccia ignea. Tratteremo di essi in un capitolo speciale.

Lo studio microscopico rivela la presenza di feldspati calcico-sodici di varie miscele e di mica (biotite) come minerali essenziali: accessorî sono pirosseni (monoclino e trimetrico), magnetite e ilmenite; raro assai il feldspato alcalino; accidentale lo zircone.

I *feldspati calcico-sodici*, i più abbondanti ed anche quelli di maggior dimensione fra gli interclusi, appartengono in prevalenza a miscele labradoritiche: ma non mancano miscele più acide, ed è verosimile il trovare qualche differenza nei varî affioramenti in cui si presenta la roccia.

Ad esempio, a Monte Casellone i feldspati sono miscele prevalentemente fra la *labradorite* $Ab_1 An_1$ e la *labradorite* $Ab_3 An_4$ (massimi di estinzione simmetrica 30° circa; della differenza $\varDelta$, 18°): sono prevalentemente miscele corrispondenti alla *labradorite* $Ab_1 An_1$ i feldspati della roccia della cava presso l'Ospedale di Ittiri (massimi di estinzione simmetrica 25° circa; della differenza $\varDelta$, 16° circa): sono compresi fra *andesina* $Ab_5 An_3$ e *labradorite* $Ab_1 An_1$ quelli delle rocce dei pressi di Uri (massimi di estinzione simmetrica 22° circa).

Oltre a questi, si trovano come elemento accessorio cristalli intratellurici di un plagioclasio assai più acido, con angoli di estinzione simmetrica piccolissimi e con indici di rifrazione appena superiori a quello del balsamo che ritengo appartenente ad una miscela *oligoclasica*, e infine rarissimi e quasi accidentali individui di feldspato alcalino con caratteri simili a quello che si trova nelle rocce a struttura microfelsitica descritta precedentemente e che classifico anche qui per *anortoclasio*.

Degli scarsi elementi ferro-magnesiaci, il più importante è, senza alcun dubbio, la *biotite*: a differenza di quanto si osserva in rocce consimili della Nurra e del Sassarese, qui i pirosseni assumono un ruolo affatto subordinato. La biotite è in laminette abbastanza grandi, di color bruno, con pleocroismo dal verde giallastro al bruno quasi nero, ed è sufficentemente fresca quasi dappertutto. Solo in alcuni luoghi accenna ad una alterazione in clorite

Gli scarsi *pirosseni* sono appartenenti in genere a un tipo *diopsidico* incoloro o appena verdino, con angolo $c:c$ di circa 35°. Nelle vicinanze di Uri la vitrotrachidacite è più ricca di elementi colorati, e quivi, insieme con la molta biotite, sono relativamente meno scarsi i pirosseni: oltre al tipo suddescritto, si trovano quivi *augite* e anche *iperstene*, col pleocroismo dal verdino al giallognolo. In molti casi l'elemento pirossenico appare più alterato delle miche e trasformato in un aggregato di *calcite* e *clorite*.

L'*olivina* si presenta come elemento accidentale nella roccia di Monte Casellone; come anche accidentalmente si trova qua e là qualche cristallino di *zircone*.

La *massa fondamentale* è vitrea, e tale si riconosce, come si è detto, anche all'aspetto esterno in taluni affioramenti, come quelli di Monte Casellone e di Riu Su Padru. Al microscopio, tutte le varietà osservate presentano struttura vetrosa perlitica, almeno originariamente. Si notano in generale Schlieren di vetro incoloro o giallognolo o bruno, che non hanno andamento fluidale, ma sono ripiegate in curve più o meno concentriche. Deve trattarsi evidentemente di un processo di alterazione. Originariamente cioè, la massa doveva essere tutta vitrea, omogenea e a struttura perlitica; l'alterazione, o meglio la devitrificazione, ha dovuto procedere, come accade d'ordinario, dalle fessure perlitiche, e da queste ha dovuto invadere la massa; in tal modo tra fessura e fessura sono rimaste delle zone di vetro inalterate, mentre la rimanente massa ha assunto una lieve polarizzazione di aggregato, come avviene appunto nei vetri devitrificati. Se tale alterazione non è troppo inoltrata, essa non appare all'esterno, che conserva l'aspetto e la lucentezza tra il vitreo e il piceo: se invece è molto progredita, anche esternamente la massa fondamentale perde la lucentezza, diventa opaca, ruvida, quasi terrosa e di colore grigiastro.

L'analisi chimica di queste vitrotrachidaciti, in genere un po' meno acide delle corrispondenti felsotrachidaciti, presenta delle diffioltà, in causa della grande quantità

di inclusi estranei anche di piccole dimensioni, che non è agevole separare dalla massa della roccia. Mi riuscì relativamente più facile una accurata separazione di tali inclusi nella roccia di Monte Casellone, che ne è meno ricca dell'altre. Ed ecco per ora i risultati dell'analisi, che discuterò meglio in seguito:

Vitrotrachidacite di Monte Casellone.

SiO^2	67,78
TiO^2	0,43
Al^2O^3	16,51
Fe^2O^3	1,86
FeO	0,52
MnO	0,22
MgO	0,76
CaO	2.55
Na^2O	3.37
K^2O	3,82
perd. p. arrov	2,40
	100,22

Vitrotrachiandesiti (Toscaniti).

Vitrotrachiandesiti della Nurra (tra S. Giorgio e Olmedo), di Pala Reale (Sa Pischinà Manna, Fonte Pistidda), ecc.

Sono le rocce di tipo più schiettamente vetroso, anche per l'aspetto esterno, che si trovano nella regione. In una massa nera con lucentezza di pietra picea spiccano numerosi e freschi cristalli porfirici di feldspato. Come nelle altre rocce vetrose sopra descritte, è grande l'abbondanza di inclusi estranei, di forme e dimensioni diverse.

L'esame microscopico mostra in una base vetrosa interclusi di feldspato calcico-sodico abbondanti, rari interclusi di feldspato alcalino, pirosseni monoclini e trimetrici, magnetite ecc.

I *plagioclasi* sono di una miscela corrispondente all'incirca alla *labradorite* $Ab_1 An_1$ (massimo di estinzione simmetrica 25°, della differenza Δ, 16°).

Il feldspato alcalino, con indice di rifrazione minore di quello del balsamo e con angolo di estinzione di circa 5° rispetto alla traccia delle sfaldature in sezioni presso poco parallele a (010), è forse *sanidino sodico*. Si presenta in rari cristalli ed è da considerarsi come un elemento men che accessorio e poco più che accidentale.

Gli elementi colorati, più abbondanti che nelle trachidaciti dianzi descritte, sono *pirosseno monoclino* e *pirosseno trimetrico*: del primo si hanno due varietà distinte, cioè un'*augite* verdognola con angolo $c:c$ di 45° circa, in cristalli più piccoli e più numerosi, ed una varietà che si accosta al *diopside* con angolo $c:c$ di circa 30°, in cristalli quasi incolori, più grandi, ma più rari.

Il pirosseno trimetrico, piuttosto *bronzite* che *iperstene* con pleocroismo leggero dal gialliccio al verdognolo, si trova o isolato, o anche nelle solite associazioni lamellari parallele con il pirosseno monoclino.

Magnetite e in parte anche *ilmenite* si trovano in cristalli particolarmente addensati intorno agli elementi ferro-magnesiaci.

La *massa fondamentale* della roccia è un vetro giallognolo, non assolutamente omogeneo: vi sono zone ben trasparenti di vetro puro, ed altre invece zeppe di granulazioni opache, di piccole microliti pirosseniche e di cristalliti indeterminabili; altre zone ancora sono quasi incolore, ed a nicols incrociati mostrano una lieve polarizzazione di aggregato, forse in causa di un principio di devitrificazione.

La grande abbondanza di materiali estranei conglobati dalla roccia appare soprattutto nelle sezioni sottili, perchè quivi si può osservare che, oltre agli inclusi visibili distintamente, altri molti ve ne sono di dimensioni microscopiche o quasi. Per questa ragione mi sono dovuto forzatamente astenere dall'analizzare queste vitrotrachiandesiti: in causa dell'assoluta impossibilità di separare i piccoli numerosissimi inclusi estranei, i risultati dell'analisi sarebbero ben poco attendibili.

Di conseguenza, soltanto per i caratteri mineralogici e strutturali assimilo queste rocce a quelle descritte nella mia prima Memoria e che ho riferito alle cosiddette Toscaniti di Washington.

Andesiti ipersteniche.

Andesiti iperseniche di Pala Mantedda (Florinas) e di Monte Matteatu (Alghero).

Rocce generalmente di colore nerastro: nei tipi più ricchi di iperstene, i quali sono anche a struttura nettamente ialopilitica, si ha anche esternamente una appariscente struttura vitrofirica con interclusi di feldspati e di pirosseni.

Al microscopio la composizione mineralogica si rivela abbastanza semplice: si notano feldspati calcico-sodici, iperstene, augite, magnetite.

Feldspati ed augite, oltre che in cristalli di prima generazione, costituiscono anche le microliti della base vetrosa.

Il *feldspato calcico-sodico* è in grandi e bei cristalli (fino a 5 mm. di maggior diametro) freschi, ricchi di inclusi vitrei, con struttura zonata, ma non molto accentuata. I massimi di estinzione simmetrica nella zona normale a (010) si aggirano fra 38° e 40°. Si tratta dunque di *miscele bitownitiche.*

L'*iperstene* è in cristalli prismatici di dimensioni abbastanza grandi, con idiomorfismo perfetto e pleocroismo non troppo forte, con il seguente schema:

$\mathfrak{a}$ roseo chiaro;
$\mathfrak{b}$ giallognolo chiaro;
$\mathfrak{c}$ verdino chiaro.

L'*augite*, anch'essa in individui grandi, ma meno numerosi di quelli iperstenici, ha colore verde chiaro senza pleocroismo, angolo $c:\mathfrak{c}$ di circa 45°, e geminazione spesso polisintetica secondo la più comune legge [asse di geminazione normale a (100)].

Talvolta i cristalli delle due specie di pirosseni sono fra loro in associazione parallela: talvolta invece formano, insieme anche con la magnetite e coi feldspati, le

cosiddette *nesterartige Aggregationen*, nelle quali i singoli individui gli uni verso gli altri sono allotriomorfi, ma invece nettamente idiomorfi verso la base della roccia.

La struttura di queste rocce è tra ialopilitica e vitrea, con massa fondamentale vetrosa, e microliti non troppo abbondanti. L'aspetto della base, osservato col solo polarizzatore, è diverso da roccia a roccia. Nella roccia di Pala Mantedda essa è bruna, opaca, piena zeppa di globuliti e granulazioni di colore oscuro; nella roccia di Monte Matteatu invece si osserva un vetro giallognolo verdastro, ben trasparente ed abbastanza omogeneo. A nicols incrociati. la massa in ambedue le rocce appare sensibilmente identica: quella di Monte Matteatu però, perchè un po' alterata, presenta un principio di devitrificazione.

Le microliti sono in prevalenza di plagioclasio (labradorite?), e di augite in quantità assai minore.

Andesiti augitiche.

Andesite augitica di Pala Mantedda (Florinas).

Questa roccia è strettamente legata, anche per la giacitura, all'andesite iperstenica della medesima località e ad essa fa passaggio per mezzo di molte gradazioni.

Macroscopicamente mostra una massa grigio-verdastra scura quasi olocristallina doleritica, in cui spiccano cristalli abbastanza grandi di feldspato e di pirosseno.

Al microscopio si nota che questa roccia differisce dall'andesite iperstenica della medesima località per la natura un po' più basica degli interclusi feldspatici, per la prevalenza del pirosseno monoclino sul trimetrico, per la presenza dell'olivina come elemento accessorio, per la struttura più cristallina della massa fondamentale.

I *feldspati calcico-sodici*, in grandi e freschi cristalli, hanno valori massimi di estinzione simmetrica da 40° a 42° ed accennano quindi ad una miscela un po' più basica che nella roccia precedente, cioè fra *bitownite* e *anortite*; i *pirosseni trimetrici*, in corti cristalli prismatici, sono più rari dei *pirosseni monoclini* (*augite*) di color verde chiaro in grandi cristalli, spesso con lamelle polisintetiche di geminazione.

Cristalletti o noduli di *olivina*, in parte alterati in serpentino, hanno importanza accessoria e si riscontrano sparsi non uniformemente nella massa. La loro presenza ha una certa importanza, perchè dimostra che queste rocce, le più basiche di tutta la regione, mostrano dei gradi di passaggio ai basalti.

La struttura della massa fondamentale in queste andesiti non è nettamente ialopilitica e neanche pilotaxitica, ma grossolanamente cristallina, pur non mancando del tutto la base vetrosa. Le microliti di feldspato e di augite, le prime sempre prevalenti sulle seconde, perdono la loro forma caratteristica, si ingrossano e qua e là si intrecciano in un aggregato quasi allotriomorfo. La base vetrosa in pochissima quantità appare quasi come una sostanza intersertale fra le microliti e i granuli di feldspato e di augite.

L'analisi dell'andesite augitica [1] di Pala Mantedda mi ha dato i seguenti risultati:

SiO^2	51,37
TiO^2	1,12
Al^2O^3	23,71
Fe^2O^3	1,01
FeO . , ...	3,01
MnO	1,65
MgO	4,06
CaO	9,76
Na^2O . . . . . . , . .	2,53
K^2O	1,81
perd. p. arrov.	0,70
	100,82

[1] La descrizione di queste andesiti augitiche con iperstene e con olivina accessoria mi offre l'opportunità di rispondere ad alcune critiche che il dott. J. Déprat ha mosso al mio lavoro *Appunti di mineralogia sarda: Il giacimento di zeoliti presso Montresta*, Rend. Lincei, marzo 1908, con una Nota sul medesimo argomento, intitolata *Les zéolites du basalte de Montresta* (*Sardaigne*), Bull. Soc. Franc. de Minéralogie, juin 1908. Il luogo più opportuno per rispondere alle critiche del geologo francese, sarebbe stato nel seguito di queste mie ricerche petrografiche con la descrizione particolareggiata della roccia di Montresta: ma d'altra parte, un tale seguito, data la mia attuale lontananza dal campo di studio, non è destinato ad essere pubblicato tanto presto, e perciò, a proposito di queste rocce affini a quelle di Montresta, possono trovare luogo una mia breve replica e qualche schiarimento. Il Déprat ritiene erronea la denominazione di andesite augitico-iperstenica da me data alla roccia, che egli chiama basalto ed insinua che io abbia scambiato olivina per iperstene; e ciò unicamente perchè nelle cinque righe, che ho dedicato ad un cenno sulla roccia di Montresta, — non ad una descrizione compiuta di essa, che non era negli scopi del mio lavoro, — menziono l'iperstene e non l'olivina. Ho di nuovo esaminato le lamine sottili della roccia in questione e vi ho trovato l'uno e l'altro minerale, ambedue però tanto alterati e trasformati in ossidi di ferro, da non essere riconoscibili, se non dubitativamente, per il contorno delle loro sezioni. È bensì vero che ad agevolare il riconoscimento dell'iperstene giovano altri caratteri, ad esempio, sfaldatura, accenno di pleocroismo dove l'alterazione non è completa, ecc.

L'unico mio errore, e soltanto di omissione, è quindi quello di non aver citato fra i minerali della roccia di Montresta, anche l'olivina. Quanto all'aver io chiamato la roccia andesite-augitica, mentre il Déprat la chiama basalto, io non ci so scorgere davvero la grave confusione, che l'autore deplora. Quale petrografo è in grado di dirci dove finiscono le andesiti pirosseniche e dove comincino i basalti? Chi oserebbe porre una netta barriera, che natura non ha voluto, fra le due grandi famiglie di rocce? E si aggiunga d'altronde, che io nel mio lavoro ho affermato, che la roccia di Montresta è una di quelle andesiti che fanno passaggio ai basalti. Per ragioni di analogia con altre rocce, come questa di Pala Mantedda e le altre del Sassarese e di parte dell'Anglona, che ho studiate a fondo e che ho ragione di ritenere andesiti, seguiterò a chiamare andesite anche questa roccia, che, del resto, pure il Déprat (*Les éruptions posthelvétiennes antérieures aux volcans récents dans le nord-ouest de la Sardaigne*. Comptes rendus, juin 1907) vuole distinta dai basalti delle più recenti eruzioni sarde. E potrò modificare la mia opinione, soltanto quando l'analisi chimica mi dimostrerà che tale analogia è solo apparente.

Nel suo scritto il Déprat rivendica per sè una priorità di scoperta del giacimento di Montresta, che io non ho preteso affatto nel mio lavoro di attribuirmi. In esso io ho dato a Cesare quel che e

Inclusi nelle rocce trachidacitiche e trachiandesitiche.

Ho accennato dianzi più volte alla presenza di inclusi estranei in molte delle rocce descritte: ho detto che, come nella regione di S. Anatolia presso Sassari, anche in tutto il territorio, che è oggetto di questa Memoria, ne sono specialmente ricche le rocce a tipo vitrofirico; anzi, in taluni punti, tale è l'abbondanza degl'inclusi estranei da far paragonare la roccia ad una breccia ignea.

I più abbondanti sono senza alcun dubbio « enclaves énallogènes » nel senso di Lacroix, ovvero inclusi di rocce certamente e sicuramente diverse dalla roccia inglobante. Nella grandissima maggioranza appartengono ad andesiti basiche del tutto simili, se non assolutamente identiche, alle rocce di tal natura, che si trovano in posto nella regione e che abbiamo descritto più sopra. I più grandi mostrano una massa fondamentale grigio verde o nerastra, con cristalli porfirici di feldspato e di pirosseno: il microscopio rivela struttura fra ialopilitica e vitrea con interclusi di labradorite o di altra miscela feldspatica più basica, di augite, di iperstene e con microliti prevalentemente feldspatiche.

Altri differiscono per la struttura della massa fondamentale che è uguale a quella delle andesiti augitiche di Pala Mantedda, e per la prevalenza dell'augite sull'iperstene. Si tratta appunto, in un caso, della roccia che abbiamo chiamato andesite iperstenica, e nell'altro, della roccia che abbiamo chiamato andesite augitica. Tali rocce, oltre che trovarsi in posto nelle località citate, si trovano assai abbondanti fra i ciottoli del conglomerato di Monte Palmas e in genere in tutti i conglomerati a ciottoli vulcanici della regione.

Vi sono poi inclusi che soltanto dubitativamente si possono classificare come estranei, perchè possono appartenere invece a *facies* abissali dello stesso magma della roccia: e questi si ritrovano a preferenza nelle felsotrachidaciti. Sono nuclei di microliti o piccole laminette feldspatiche e pirosseniche in una massa a struttura vetrosa.

Non sono riferibili, del resto, a rocce in posto nella regione.

Conglomerato poligenico di Monte Palmas.

Della sua posizione ho detto nei cenni geognostici sulla regione; ne descrivo qui i principali costituenti litologici.

I ciottoli più grandi e più numerosi sono di rocce vulcaniche: hanno dimensioni come quelli di una noce o meno, sono ben poco levigati e smussati agli angoli (il

---

di Cesare, ed ho dato quindi al Lovisato, il più profondo conoscitore della mineralogia della Sardegna, il merito della scoperta del giacimento; al Rimatori quello dell'analisi della cabasite; e quanto alla mesolite, che Déprat dice di aver osservato per primo, io ho detto che essa si osserva da tutti, e da parecchio tempo, dentro le vetrine dei pubblici Musei di Milano e di Genova (secondo notizie pubblicate da Artini e da Pelloux)! Quanto a priorità, rimane al Déprat quella della scoperta della thomsonite e dell'analcimo, che egli stesso dice rarissimi e sui quali non ha potuto fare osservazioni complete.

che indica che l'azione di trasporto e di erosione subìta da essi non fu nè grande, nè diuturna), ed appartengono tutti ad andesiti basiche. Senza ripetere i caratteri già descritti di tali rocce, basti dire che tutte le varietà di struttura e di composizione mineralogica, che si riscontrano nei giacimenti in posto di esse, si ripetono nell'uno o nell'altro dei ciottoli del conglomerato. Così abbiamo in essi andesiti ipersteniche schiette a struttura ialopilitica con massa vetrosa abbondante, andesiti iperstenico-augitiche con massa vetrosa scarsa e microliti abbondanti, andesiti prevalentemente augitiche con massa fondamentale a struttura ipocristallina.

Altri elementi del conglomerato, in genere di dimensioni molto più piccole, sono dei frammenti di rocce a base vetrosa o microfelsitica con interclusi di feldspato e di mica biotite: essi hanno grandi analogie con le rocce trachidacitiche, che abbiamo veduto abbondanti nei territorî di Ittiri e di Uri.

Elementi del conglomerato che hanno certamente un'origine diversa, sono dei frammenti di rocce schistose: schisti grigi o grigio-verdastri, in parte talcosi, in parte cloritici; gli uni e gli altri appartenenti ai vicini terreni siluriani, che formano gran parte della Nurra e del vicino gruppo di Monte Forte, che si erge alla maggiore altezza (464 m.) in questa regione ad una distanza non maggiore di una quindicina di chilometri in linea retta da Monte Palmas.

Che i frammenti di schisto possano appartenere alla formazione di Monte Forte, si desume dal fatto, che nel conglomerato si trovano ancora abbondantissimi ciottoletti di quarzite bianca o grigia, che in numerosi irregolari filoncelli attraversa tutta la massa degli schisti di quel gruppo montagnoso.

Infine fra gli elementi minuti del conglomerato si trovano granuletti di sostanza rossiccia, che appartiene alla base microfelsitica delle rocce trachitiche delle regioni vicine; lamine di mica giallastra o bruna (biotite), cristallini di magnetite ed infine abbondanti cristalli sciolti di un feldspato calcico-sodico (andesina). Di questa andesina ho già fatto cenno in un mia precedente pubblicazione [1], della quale riferisco qui i dati più interessanti ed essenziali.

L'andesina si trova in cristalli con le forme $\{010\}$, $\{001\}$, $\{110\}$, $\{130\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{1\bar{3}0\}$, $\{20\bar{1}\}$, $\{021\}$, $\{0\bar{2}1\}$, $\{11\bar{1}\}$, sempre geminati secondo la legge dell'albite, talora anche secondo le leggi di Carlsbad e del periclino, spesso combinate con la prima. Estinzione sopra (010) rispetto allo spigolo [(010):(001)] di 3°, 30′ circa. La sua composizione chimica è la seguente:

SiO^2	59,14
Al^2O^3	25,74
Fe^2O^3	0,32
CaO	7,87
Na^2O	6,87
K^2O	0,61
	100,55

Peso specifico 2,679

[1] F. Millosevich, *Appunti di mineralogia sarda*: *Andesina di Monte Palmas* (*fra Sassari e Alghero*). Rend. Acc. Lincei, *18*, 1909, 1° sem., 22.

Tutti i caratteri cristallografici e chimici concordano nell'assegnare il feldspato ad una miscela fra Ab_2An_1 e Ab_3An_2 (andesina acida).

Dall'esame dei componenti il conglomerato di Monte Palmas ci si accorge che ad esso hanno contributo rocce di natura e di origine varia. Prima di tutto e in principal grado le andesiti basiche, che rappresentano le più antiche eruzioni della regione, come ho già dimostrato nella mia prima Memoria ed avrò occasione di dimostrare anche in questa. Poi le rocce trachitiche (trachiandesiti e trachidaciti) e, oltre ad esse e forse più di esse, i tufi di natura analoga, che ancora troviamo qua e là nella regione e che certamente dovettero avere una estensione assai maggiore in epoca contemporanea o di poco posteriore alle eruzioni preelveziane. Infine le rocce più antiche di quelle vulcaniche, cioè gli schisti e le quarziti del siluriano della Nurra e di Monte Forte; insomma tutte le rocce che si trovavano nella terra emersa anteriormente all'invasione del mare miocenico, nel quale si deposero gli importanti sedimenti calcarei della regione. Si nota infatti nel conglomerato l'assoluta assenza di rappresentanti delle rocce mioceniche e posteriori. È vero anche che non ho osservato ciottoli dei calcari mesozoici e delle arenarie pure mesozoiche, certamente anteriori alle prime eruzioni sarde: ma si può spiegarne l'assenza col fatto che le rocce mesozoiche si osservano a maggior distanza da Monte Palmas, che non le paleozoiche e le eruttive terziarie, ed anche con la constatazione, già fatta, che i ciottoli mostrano di aver subìto un trasporto poco lungo e quindi devono essersi formati a spese di rocce relativamente molto vicine.

Torneremo in seguito su questo argomento interessantissimo per la storia delle eruzioni in Sardegna: per ora basti concludere che quello di Monte Palmas si deve considerare come un conglomerato probabilmente di spiaggia, cui hanno contribuito le rocce sedimentarie ed eruttive anteriori al miocene medio.

Tufi vulcanici.

Tufo trachidacitico di Monte Casellone, di Uri, ecc. ecc.

Roccia biancastra terrosa, ruvida al tatto, che non lascia distinguere macroscopicamente i suoi componenti mineralogici. In essa sono sparsi dei frammenti di una roccia trachitica rossastra.

La polvere dà moderata effervescenza con gli acidi.

Al microscopio rivela un cemento in quantità abbastanza scarsa, che tiene uniti dei frammenti di vetro di aspetto pomiceo, cioè fibroso e poroso con pori a sezione elittica. I minerali che si osservano sono generalmente in frammenti senza contorno cristallino completo e appartengono a *feldspato calcico-sodico* (*andesina*), a *feldspato alcalino* (*anortoclasio*) assai scarso, a *quarzo* in granuletti irregolari, a *biotite* con pleocroismo dal verde oliva al bruno nerastro, a *magnetite*, a *ilmenite*, quest'ultima accompagnata qua e là da *anatasio*, come nelle felsotrachidaciti descritte più avanti. I frammenti di roccia rossastra racchiusi nella massa del tufo corrispondono anche esattamente a tale gruppo di rocce e più precisamente a quella che si osserva presso Ittiri alla Fonte Sa Teula.

Per tali ragioni non esito a classificare la roccia come un tufo trachidacitico a struttura pomicea.

Ho determinato anche in esso la quantità di $Si O^2$, che mi risulta del 65,65 %.

Il tufo di Monte Casellone, come quello di Uri e di altre località, corrisponde certamente all'orizzonte dei tufi pomicei (*tufàs ponceux*) di Lamarmora [1] il quale li riconobbe costantemente superiori alle trachiti e associati alla parte inferiore dei terreni terziarî sovrapposti. Anche la descrizione litologica che ne dà il geologo piemontese concorda con i caratteri da me osservati. L'importanza stratigrafica di questa formazione tufacea nella Sardegna di Nord-Ovest è stata confermata dalle osservazioni di Stella [2], che l'ha ritrovata sempre alle base dei sedimenti del miocene medio.

III.

Considerazioni generali sulla costituzione mineralogica e chimica delle rocce descritte.

Mi è permesso qui di riprendere e di estendere le considerazioni sulla natura litologica e chimica delle rocce delle più antiche eruzioni sarde, che furono svolte nella mia precedente Memoria.

Dal punto di vista mineralogico, ciò che caratterizza tutte queste rocce è l'elemento feldspatico più abbondante, che è sempre calcico sodico e si trova in tutte in cristalli di prima generazione. Il feldspato alcalino, che già nelle rocce di Sassari e di Portotorres vedemmo, o mancare, o, se presente, avere un'importanza secondariissima, nelle rocce di questa regione manca del tutto o quasi. Ciononostante, i tipi acidi, cioè i vetrosi o i microfelsitici, che sono di gran lunga i più abbondanti, oltre ad essere discretamente ricchi di alcali complessivamente, lo sono anche particolarmente di potassa, la quale in essi ha un'importanza per lo meno pari a quella della soda. Ne deriva, che la massa fondamentale abbondantissima è quella che, almeno in parte, corrisponde chimicamente al feldspato alcalino mancante o quasi fra gli interclusi intratellurici.

Per gli elementi colorati ferro-magnesiaci possiamo poi distinguere nelle rocce acide i tipi pirossenici degli affioramenti più settentrionali finitimi con il Sassarese, dai tipi biotitici di Uri e di Ittiri.

Sulla costituzione chimica, cioè sulla quantità di silice contenuta nelle rocce di questa intera regione, è possibile fondare una distinzione, che giudico tanto più razionale ed attendibile, in quanto che ad essa corrispondono l'età relativa, e, fino ad un certo punto, anche le particolarità di struttura e la distribuzione relativa degli elementi di prima cristallizzazione e della base fondamentale. L'analisi chimica ci dice infatti, che abbiamo due gruppi di rocce differenti essenzialmente per il loro

(1) *Voyage*, ecc., parte 3ª, vol. I, pag. 540.

(2) Stella A., *Relazione sulle ricerche minerarie nei giacimenti cupriferi del circondario di Alghero (Sassari)*. Boll. R. Comitato Geol. Ital., 1908, 191.

grado di acidità: rocce basiche (andesiti pirosseniche basiche) e rocce acide (trachiandesiti, trachidaciti o anche daciti). Fra le une e le altre corre in media una differenza nel quantitativo di silice, di più che il 15 %. Le osservazioni geologiche ci dimostrano inoltre che esse appartengono a due distinte eruzioni.

Rocce trachiandesitiche, trachidacitiche e dacitiche.

Ho citato nel corso di questo studio petrografico giacimenti di rocce trachiandesitiche a struttura vitrofirica, e ne ho descritto qualcuna: il complesso dei loro caratteri mineralogici e strutturali le assimila completamente alle vitrotrachiandesiti del Sassarese, la cui costituzione chimica ho discusso a fondo nella prima parte di questi studi confrontandole con le cosidette Toscaniti di Washington. Non ho qui nulla da aggiungere, anche per la ragione che mi fu impossibile di eseguire un'analisi di qualcuna delle trachiandesiti della Nurra o di Pala Reale, per la estrema difficoltà di liberarle completamente dagli abbondantissimi inclusi estranei, che esse contengono.

La maggior parte delle rocce che si incontrano nella regione, che è oggetto del presente lavoro, sono però più acide: mentre nel Sassarese predominano le trachiandesiti, qui predominano invece le trachidaciti.

Riassumendo i caratteri mineralogici e chimici di queste rocce, noi vediamo in esse una base vetrosa o microfelsitica sempre predominante e dei feldspati calcicosodici per lo più con miscele andesiniche, più raramente labradoritiche, più raramente ancora oligoclasiche. Il feldspato alcalino, o manca del tutto, o è men che accessorio, quasi accidentale. L'elemento colorato ferro-magnesiaco è scarso, e non più in prevalenza pirossenico, ma biotitico. I tipi vitrei hanno relativamente più elemento colorato, quelli microfelsitici assai meno. Mentre le rocce analoghe del Sassarese si possono con ragione paragonare alle toscaniti, queste di Uri, di Ittiri e degli altri luoghi citati se ne discostano assai più: mineralogicamente, perchè il pirosseno vi ha una parte accessoria e perchè il feldspato alcalino manca del tutto o quasi; chimicamente, perchè hanno un'acidità maggiore. Una di siffatte rocce ho descritto col nome di trachidacite nella prima parte di questi studî: e dissi allora, discutendone la formola magmatica, che ero indotto a darle un tal nome, non ostante l'assenza del quarzo come elemento intratellurico, per la sua acidità superiore a quella media delle daciti vere, per il rapporto degli ossidi di tipo R^2O ed RO, e per il rapporto di soda a potassa più vicini a quelli delle trachiti che a quelli delle daciti. Riporterò in un quadro riassuntivo l'analisi di questa roccia, insieme con altre quasi identiche della Nurra, di Ittiri ecc., e insieme anche con analisi di rocce consimili di altri luoghi; e si vedrà, come queste considerazioni chimiche si possano estendere e come il nome di trachidacite possa essere più lato e comprensivo.

La denominazione di trachidacite è stata accolta anche da Manasse [1], il quale ha trovato rocce, che rappresentano un termine di passaggio consimile, fra le trachiti e le daciti, benchè anch'esse senza quarzo di prima generazione. Ma le rocce di Aden, meno acide di queste di Sardegna e più ricche di alcali, sono più vicine ancora alle trachiti.

[1] Manasse E., *Rocce eritree e di Aden della collezione Issel.* Mem. Soc. Tosc. Sc. nat., Pisa, *24,* 1908, 153.

Il nome di trachidacite ricorda anche l'altro di plagioliparite adottato da Duparc e Pearce [1] per alcune rocce dell'Algeria. Ma come le due denominazioni non si equivalgono perfettamente, così pure fra le rocce sarde e quelle di Cap Marsa vi è analogia, ma non simiglianza assoluta. Basti notare, che il quarzo non manca nelle rocce di Cap Marsa, mentre manca in queste rocce sarde, il che è d'accordo anche con i risultati delle analisi che dànno per le rocce algerine una percentuale di SiO^2 maggiore. Pongo però nella seguente tabella a confronto il tipo perlitico di Cap Marsa, che più si accosta chimicamente ai miei. Analogie forse maggiori si trovano con altre rocce della costa algerina, e precisamente di Cap Blanc, descritte da Duparc e Ritter [2], nelle quali il quarzo è talora mancante, il feldspato appartiene a miscele calcico-sodiche e la struttura è vitrea o microgranulitica. Interessa poi fin d'ora osservare il fatto importantissimo per la geologia, che fra certe rocce acide di Sardegna e di Algeria, come pure fra certe rocce basiche delle due regioni (il che avremo occasione di constatare fra poco), esistano simiglianze chimiche e mineralogiche.

Altre analogie troviamo anche con alcune rocce di Cabo de Gata nella Spagna meridionale sul medesimo bacino del Mediterraneo occidentale. Con le rocce di Cabo de Gata, che Osann [3] chiama daciti, la parentela mineralogica e chimica non è troppo stretta: infatti queste hanno sempre quarzo e quasi sempre orneblenda, e sono più povere in silice e in alcali e specialmente in potassa. Somigliano invece di più le rocce che Osann chiama perliti, le quali hanno in una massa vetrosa perlitica interclusi di biotite, di pirosseni (rombici e monoclini), di orneblenda, di feldspato, generalmente plagioclasio. Il quarzo vi è presente o mancante, a seconda dei casi. Nel quadro che segue, riporto l'analisi della perlite del Faro de Coralete, la quale ha poco quarzo fra gli interclusi e, forse per questa ragione, è un po' più acida dei miei tipi vitrofirici con i quali le analogie litologiche sono maggiori. Delle perliti senza quarzo, come elemento intratellurico, l'Osann dà una descrizione che le accosta molto a questi tipi vetrosi sardi, ma non dà analisi.

Notisi inoltre che Osann classifica le sue perliti fra le lipariti, non certo per abbondanza di quarzo, che può esservi o può mancare: non per la natura del feldspato assai scarso, che il più delle volte egli determina come calcico-sodico, e rare volte, e dubitativamente, per alcalino; ma evidentemente per la natura chimica della massa fondamentale ,abbastanza ricca di alcali, come appunto si verifica nelle rocce sarde in questione.

Un tipo di roccia retinitica con biotite, che ha anche chimicamente analogie con le mie vitrotrachidaciti, fu raccolto dal Lamarmora alla Grotta dei Colombi, nell'isola di S. Antioco (Sardegna meridionale) e fu analizzato dal Delesse [4].

[1] Duparc L. et Pearce F., *Sur les plagioliparites du Cap Marsa (Algerie)*. Compt. rend., janvier 1900.

[2] Duparc L. et Ritter E, *Sur les roches éruptives du Cap Blanc (Algérie)*. Compt. rend., mai 1899.

[3] Osann A., Beiträge zur Kenntnis der Eruptivgesteine des Cabo de Gata. II. Zeitschr. d. Deutschen geologischen Gesellschaft, *43*, 1891, 688.

[4] Delesse A., *Sur les rétinites de la Sardaigne*. Bull. Soc. Géolog. de France (2a serie), XI, 1853, 105.

Il Bertolio [1] ravvicina una roccia da lui classificata come retinite perlitica di Porto Scuso (Sardegna meridionale), alla roccia di S. Antioco.

Egli l' ha trovata in una formazione tufacea; e ricorda il fatto, che si accorda con quanto ho osservato costantemente nella Sardegna settentrionale, che una tale retinite contiene inclusi di una andesite augitica basica.

Riporto nel quadro che segue le analisi delle mie trachidaciti sarde, ponendole a confronto con alcune delle rocce citate poc'anzi, che presentano con esse le maggiori analogie chimiche mineralogiche e strutturali. Vi unisco anche l'analisi della roccia di Monte Maiore (Putifigari), che ho chiamato dacite semplicemente, perchè i caratteri chimici delle trachiti vi sono meno spiccati. Ciononostante, sono di parere che essa non possa, nè geneticamente, nè litologicamente, nè chimicamente, essere considerata come appartenente ad un gruppo a parte.

[1] Loc. cit.

Trachidaciti e daciti sarde e rocce chimicamente, mineralogicamente e strutturalmente analoghe.

	TRACHIDACITE microfelsitica Riu Mannu (Millosevich)	TRACHIDACITE microfelsitica Nurra (Millosevich)	TRACHIDACITE microfelsitica Ittiri Sa Teula (Millosevich)	TRACHIDACITE vitrofirica Monte Casellone (Millosevich)	DACITE microfelsitica Putifigari Monte Maiore (Millosevich)	RETINITE S. Antioco (Delesse)	PLAGIOLIPARITE perlitica Cap Marsa (Algeria) (Duparc e Pearce)	LIPARITE Capo Blanc (Algeria) (Duparc e Ritter)	PERLITE Faro de Corallete (Cabo de Gata) (Osaun)
SiO^2	68,03	69,59	69,36	67,78	70,49	70,59	72,74	67,88	72,11
TiO^2	0,43	0,49	0,54	0,43	0,72	—	—	—	—
Al^2O^3	14,18	13,78	15,93	16,51	14,24	13,49	12.70	14,45	13,71
Fe^2O^3	3,14	3,68	1,49	1,86	4,15	—	1,91	5,74	0,29
FeO	0,89	0,37	0,40	0,52	0,79	1,60	—	—	0,90
MnO	0,31	tr.	tr.	0,22	tr.	0,30	—	—	—
MgO	0,64	0,49	0,27	0,76	0,62	0,70	0,15	—	0,44
CaO	3,12	3,07	3,05	2,55	2,38	1,31	1,59	5,19	1,44
Na^2O	4,71	4,39	3,18	3.37	3,63	3,52	3,60	$MgO + Na^2O$	3,22
K^2O	3,90	3,96	4,29	3,82	1,31	4,29	4,10	$+ K^2O$ p. diff. 6,27	3,33
perd. p. arrov. . . .	1,81	1,02	0,79	2,40	1,79	3.70	2,92	0,47	4.19
Totale . . .	101,16	100,84	100,30	100,22	100,12	99,50	99,71	100,00	99,63

Formole magmatiche secondo Loewinson-Lessing

	α	β	$\overline{R}O$	R^2O^3	SiO^2	$R^2O : RO$	$Na^2O : K^2O$
Trachidacite Riu Mannu	3,34	32	1,3	1	7,2	1:0,75	1:0,55
» Nurra	3,54	29	1,2	1	7,3	1:0,64	1:0,59
» Ittiri, Sa Teula	3,54	28	0,9	1	6,9	1:0,66	1:0,89
» Monte Casellone . . .	3,29	30	1	1	6,8	1:0,78	1:0,75
Dacite Monte Maiore	3,71	26	0,8	1	7,1	1:0,96	1:0,24
Trachiti, media sec. Loew.-Less. . .	2,42	44	1,2	1	5,1	1:0,87	1:0,80
Daciti, » » » . .	3,02	35	1,3	1	6,6	1:1,56	1:0,28

Formole secondo Osann

	S	A	C	F	N	K	*a*	*c*	*f*
Trachidacite Riu Mannu . . .	75,8	7,9	1,3	5,8	6,4	1,35	10,6	1,6	7,8
» Nurra	76,1	7,4	0,4	7,3	6,2	1,45	9,8	0,5	9,7
» Ittiri, Sa Teula .	77,6	6,4	4,0	1,5	5,4	1,62	10,8	6,7	2,5
» Monte Casellone .	76,2	6,4	4,5	2,1	5,7	1,54	9,9	6,9	3,2
Dacite Monte Maiore	78,1	4,8	4,4	3,5	8,1	1,90	7,6	6,9	5,5

Rocce andesitiche. — Le abbiamo vedute in posto a Pala Mantedda (Florinas), a Monte Matteatu (Alghero), a Val Barca ed Abealzu (Osilo); sono numerosissime fra i ciottoli del conglomerato presso il nuraghe de Sa Patada (Sennori) e del conglomerato poligenico di Monte Palmas (fra Sassari e Alghero). Si presentano sempre fra i frequentissimi inclusi delle rocce acide più recenti, specie in quelle a tipo vitrofirico.

Mineralogicamente son costituite di feldspato calcico-sodico appartenente a miscele piuttosto basiche (labradorite-bitownite), di pirosseni trimetrici e monoclini, di magnetite, di ilmenite, e di una massa fondamentale, ora ialopilitica con microliti di feldspato e di augite, ora ipocristallina con i medesimi minerali; accidentalmente possono contenere olivina.

Chimicamente sono rocce piuttosto basiche, più basiche forse delle andesiti normali: ed i caratteri desunti dalle loro formole magmatiche le pongono in una posizione intermedia fra le andesiti e i basalti.

Per la loro struttura e composizione mineralogica appartengono però al gruppo delle andesiti pirosseniche.

Si sa che le andesiti ipersteniche, le andesiti augitiche ed i tipi intermedii fra i due, dei quali si tratta appunto nel nostro caso, hanno una diffusione abbastanza grande. L'esame microscopico delle mie rocce più ricche in augite, paragonate con sezioni di molte altre, fa vedere la grande analogia che corre fra esse e le andesiti

augitiche di Tokay e di Dolnyek Tuzr presso Kremnitz in Ungheria: invece quelle più ricche in iperstene hanno strettissimi rapporti con altre pure di Kremnitz, di Bagonya e di Bath in Ungheria.

Per venire al bacino del Mediterraneo occidentale, osserviamo analogie, anzi simiglianze grandissime mineralogiche, chimiche e strutturali con talune rocce di Cabo de Gata e dell'isola Alboran (Spagna meridionale), descritte da Calderon ([1]), da Osann ([2]) e da Becke ([3]), e con altre di varî luoghi dell'Algeria descritte da Curie e Flamand ([4]) e da Gentil ([5]).

Altre relazioni di natura geologica con le rocce di Cabo de Gata e di Algeria vedremo in seguito.

Un carattere chimico specialissimo delle andesiti iperistenico-augitiche della Sardegna settentrionale è la quantità relativamente grande di manganese che esse contengono; 1,29 °/₀ di MnO nella nella roccia di Val Barca, 1,65 °/₀ nella roccia di Pala Mantedda. Serra ([6]) in rocce simili di contrada Fenosu e di contrada s' Adde de s' Ulmu (Ploaghe) ha trovato rispettivamente 0,77 e 0,71 di MnO. Per siffatto carattere si distingue una roccia di Mijakeshima (Giappone), la quale, anche per i suoi componenti mineralogici e per la costituzione chimica complessiva, si accosta a queste rocce sarde. Il Petersen ([7]), non so con quanta ragione, ha proposto per essa il nome nuovo di Mijachite, basandosi esclusivamente sulla quantità relativamente grande di MnO (1,45 °/₀), che vi si rinviene.

E ciò a mio parere non è sufficiente, anche a giudicare col solo criterio unilaterale della costituzione chimica, a giustificare il nome nuovo; tanto più quando si osservi, che un tale elevato tenore di MnO è stato da Sekiya e Kikuchi ([8]) riscontrato nei prodotti ancora andesitici, ma assai più acidi, della grande eruzione di Bandai-San del 15 luglio 1888.

Nella seguente tabella riporto le analisi di quattro andesiti sarde, quelle di rocce consimili di Pilis presso Tokai (Ungheria) ([9]), dell'isola Alboran e quella della Mijakite.

([1]) Calderon y Arana S., *Estudio petrografico sobre las rocas volcanicas de Cabo de Gata.* Boletin de la Comision del Mapa geologico de España, tomo IX, 1882.

([2]) Osann A., *Beiträge zur Kenntnis der Eruptivgesteine des Cabo de Gata (prov. Almeria).* Zeitsch. d. Deutschen Geologischen Gesellschaft. *41*, 1889, 297.

([3]) Becke F., *Der Hypersten-Andesit der Insel Alboran.* Tschermak's Miner. Petr. Mitth. *18*, 1899, 525.

([4]) Curie J. et Flamand G., *Étude succincte sur le roches éruptives de l'Algérie*, 1889.

([5]) Gentil L., *Le volcan andésitique, le Tifarouine (Algérie).* Comp. rend., *130*, 1900, 796.

([6]) Serra A., *Ricerche in rocce eruttive basiche della Sardegna settentrionale.* Rend. R. Acc. Lincei, *17*, 1909, 597.

([7]) Petersen I., *Beiträge zur Petrographie von Sulphur Island, Peel Island. Hachigo und Mijakeshima.* Hamburg, Wiss. Anst., *VIII*, 1891.

([8]) Sekiya S. and Kikuchi V., *The eruption of Bandai-San.* Trans. Seismol. Soc. Japan, XIII, parte 2ª, 1890, 139.

([9]) Szadeczky I., *La montagne de Pilis dans la Szigethegység du comitat de Zemplén.* Földtani Közlöny, *21*, 1891, 75.

Andesiti sarde e rocce chimicamente e mineralogicamente analoghe.

	ANDESITE iperstenico-augitica Val Barca (Millosevich)	ANDESITE augitica Pala Mantedda (Millosevich)	ANDESITE iperstenico-augitica Contrada Fenosu (Serra)	ANDESITE iperstenico-augitica s'Adde de s'Ulmu (Serra)	ANDESITE Pilis, Tokay (Ungheria) (Szadeczky)	ANDESITE iperstenica Alboranite Isla de la Nube (Spagna) (Becke)	ANDESITE Mijakite Mijakeshima (Giappone) (Petersen)
SiO^2	53,33	51,37	48,72	52,13	55,19	53,13	50,87
TiO^2	0,47	1,12	0,50	0,40	—	—	—
Al^2O^3	21.21	23,71	22,56	20,55	20,24	15,61	21,98
Fe^2O^3	1,67	1,10	1,08	5,13	—	2,33	5,85
FeO	3,25	3,01	3,74	1,86	6,68	8,23	5,09
MnO	1,29	1,65	0.77	0,71	—	—	1,45
MgO	2,60	4,06	2,68	2,07	1,34	5,80	1,38
CaO	10,04	9,76	10,00	9,22	6,81	11,75	9,12
Na^2O	3,22	2,53	4,65	3,35	2,82	1,86	2,85
K^2O	2,25	1,81	2,05	2,90	1,26	1,78	0,22
perd. p. arr.	0,90	0.70	2,72	1,62	1,77	0,73	0,43
Totale . . .	100,23	100,82	99,87	100,21	100,38	101,22	99,24

Formole magmatiche secondo Loewinson-Lessing.

	α	β	$\overline{R}O$	R^2O^3	SiO^2	$R^2O:RO$	$Na^2O:K^2O$
Val Barca	1,72	67	1,7	1	4,1	1 : 4,05	1 : 0,46
Pala Mantedda	1,55	73	1,7	1	3,6	1 : 5,68	1 : 0,47
Contrada Fenosu	1,52	77	1,8	1	3,7	1 : 3,2	1 : 0,29
s'Adde de s'Ulmu	1,68	65	1,8	1	4,3	1 : 3,3	1 : 0,57

Formole secondo Osann.

	S	A	C	F	N	K	*a*	*c*	*f*
Val Barca	59,8	5,1	8,8	12,4	6,8	0,98	3,9	6,7	9,4
Pala Mantedda	57,4	4,0	11,3	12,1	6,8	0,98	3,0	8,2	8,8
Contrada Fenosu	56,4	6,7	8,6	13,1	7,7	0,80	4,7	6,1	9,2
s'Adde de s'Ulmu.	60,6	5,9	8,1	11,41	6,0	0,96	4,6	6,4	8,9

Se si confrontano le analisi di queste rocce sarde e le formole magmatiche che ne derivano, con quelle delle andesiti e dei basalti, si vede che esse chimicamente hanno una posizione intermedia fra le due grandi famiglie di rocce. Così, mentre l'acidità di queste rocce è quella media dei basalti, il rapporto $R^2O:RO$ sta fra quello medio delle andesiti (1 : 2,80) e quello dei basalti (1 : 7,85) (1), e il rapporto $Na^2O:K^2O$ corrisponde a quello andesitico tipico. Le variazioni nella composizione chimica delle rocce sarde analizzate dipendono direttamente dal variare della quantità relativa della base fondamentale e degli interclusi colorati, che, secondo è dato osservare nelle sezioni sottili, oscilla entro limiti piuttosto ampî.

Il Becke (2), cui dobbiamo un interessante studio sulla costituzione chimica delle andesiti ipersteniche, dimostra che esse variano, per l'acidità e per il rapporto $R^2O:RO$, entro due limiti estremi: il più acido, che egli chiama *santorinitico*, e il più basico, che egli chiama *alboranitico*.

Le nostre rocce sono più vicine a quest'ultimo limite, avendo un'acidità quasi uguale, mentre per il rapporto $R^2O:RO$ rimangono in una posizione intermedia. Come in alcune delle rocce sarde, in talune alboraniti si riscontra olivina, e questo fa ritenere il tipo alboranite, non un limite estremo fisso, ma semplicemente un termine di passaggio verso rocce più basiche. In altre parole, i nomi santorinite e alboranite vanno intesi nel senso istesso, in cui li ha opportunamente adottati il Becke ad in-

(1) Vedi Loewison-Lessing, *Studien über die Eruptivgestein*. Congrès géologique international, VII Session, St. Pétersbourg, 1897, 193.

(2) Loc. cit.

dicare non speciali rocce, ma piuttosto designazioni di tappe o pietre miliari della infinita serie di variazioni, che la natura ci presenta.

Abbiamo fatto rilevare un carattere spiccato delle andesiti di questa regione della Sardegna, cioè la quantità abbastanza notevole di manganese, che esse contengono. È probabile che i giacimenti di minerale manganesifero, che si trovano nelle rocce acide immediatamente superiori alle andesiti, — Monte Matteatu (Alghero), Serra Listinchinu (fra Alghero e Putifigari), Scala Cavallo (Uri), — debbano la loro origine ad una estrazione magmatica delle rocce basiche e ad una concentrazione successiva nelle rocce acide. Una tale osservazione forse è dato di estendere a molti dei tanti limitatissimi giacimenti di minerali manganesiferi nelle rocce vulcaniche di Sardegna (Martis, Perfugas, Castelsardo, Padria, ecc.).

IV.

CONCLUSIONI.

Da quanto ho esposto intorno alla natura mineralogica e chimica e intorno alla giacitura delle rocce eruttive nella parte nord-occidentale della Sardegna, è permesso di trarre qualche considerazione intorno all'età assoluta e relativa delle eruzioni in questa regione.

Ho la legittima soddisfazione di non esser costretto a portare alcuna modificazione alle conclusioni, che ho potuto ricavare nella prima Memoria sull'argomento, la quale riguardava un territorio molto più ristretto.

La formazione vulcanica, che si estende al disotto dell'intero altipiano calcareo Sassarese (di età miocenica media e più precisamente elveziana, e forse anche nelle sue assise inferiori burdigaliana) e al nord di esso verso il golfo dell'Asinara, si ritrova anche ad ovest e a sud-ovest, sempre al disotto degli strati miocenici, dove essi esistono, e a costituire da sola gran parte del territorio di Ittiri, Uri, Olmedo, Putifigari, Alghero.

Le rocce vulcaniche sono nettamente intercalate fra i calcari cretacei, che esse ricoprono presso Olmedo e in qualche punto del gruppo di Pala Reale, e gli strati calcarei o arenaceo-calcarei del Miocene medio.

Per quanto riguarda la loro età, esse sono dunque certamente appartenenti all'èra terziaria, ma anteriori al Miocene medio; e poichè i tufi pomicei, che corrispondono mineralogicamente e chimicamente, come ho dimostrato, alle rocce più acide del territorio studiato, si trovano a costituire in concordanza gli strati più bassi delle assise mioceniche medie della regione, si può con una certa probabilità assegnare al Miocene inferiore (aquitaniano) l'epoca delle prime grandi eruzioni sarde.

In tutto il nord-ovest della Sardegna le rocce vulcaniche sono da distinguersi nettamente in due gruppi: uno decisamente basico, costituito da andesiti ipersteniche e augitiche; l'altro decisamente acido, con trachiandesiti schiette, trachiandesiti vetrose acide (Toscaniti), trachidaciti o daciti.

Il primo gruppo, come è chimicamente e mineralogicamente diverso dal secondo, lo è anche in riguardo all'età relativa, perchè rappresenta un'eruzione anteriore speciale e distinta. Infatti, inclusi riconoscibili identici alle rocce basiche andesitiche si trovano costantemente in tutte le rocce acide, specie in quelle a struttura vitrea perlitica od eutaxitica. Tale fenomeno è stato osservato anche in altri luoghi della Sardegna (Bertolio) ([1]), ed è da ritenersi generale a tutta l'isola, anche quando si interpretino convenientemente certe notizie che in varî punti ci fornisce il Lamarmora ([2]).

Se si pone in relazione tale abbondanza e diffusione di inclusi nelle rocce acide, con il fatto che rocce andesitiche basiche si trovano in posto per una grande estensione nell'Anglona; che io ne ho osservate in posto nel territorio di Osilo, e Serra ([3]) ne ha trovate nel territorio di Ploaghe (ai limiti dell'Anglona); che ne ho verificato la presenza nel territorio di Florinas (nel Logudoro) e di Alghero, in siti cioè assai discosti l'uno dall'altro, e da tutti i lati del territorio che è stato oggetto di questi studî petrografici: se ne arguisce, che le prime eruzioni sarde, che diedero luogo a questi prodotti basici, si estesero ad una zona assai grande.

È lecito arguire anche, che vi sia stato un distacco netto e sia corso un certo lasso di tempo fra l'eruzione delle andesiti basiche e quella successiva delle trachiandesiti e trachidaciti. Ci permette di ritenere ciò l'esistenza di conglomerati, nei quali unicamente o precipuamente entrano come componenti ciottoli di andesiti augitiche e ipersteniche, e di inclusi ad orli arrotondati e lisci dentro le roccie posteriori. È evidente quindi che nelle terre emerse, prima dell'invasione del mare miocenico e prima anche delle eruzioni di rocce acide, le rocce delle prime eruzioni ebbero a subire per un certo tempo l'azione demolitrice e di trasporto delle acque. Il conglomerato presso il nuraghe de Sa Patada (Sennori), che ha tutti i caratteri di un conglomerato di spiaggia, è formato unicamente di ciottoli andesitici.

Il conglomerato di Monte Palmas invece è meno chiaro ad interpretarsi: fra i suoi svariati elementi la maggior parte appartiene a rocce andesitiche o a rocce di terreni anteriori, ma vi entrano ancora elementi tolti molto probabilmente alle rocce acide trachidacitiche. Anch'esso ha carattere di conglomerato di spiaggia, ma ad elementi meno arrotondati; e la sua composizione poligenica potrebbe indicare, che l'erosione marina si esplicò in più punti del margine della terra emersa contemporaneamente sulla formazione vulcanica e su quella sedimentaria di base.

Basti poi rammentare che altri conglomerati, probabilmente della stessa natura, sono ricordati da Lamarmora per altri luoghi della Sardegna.

Le prime eruzioni dovettero anche produrre una grande quantità di materiale detritico, perchè in altra maniera non si può spiegare l'abbondanza di inclusi a spigoli vivi e di tutte le dimensioni, che si trovano nelle rocce eruttate posteriormente,

([1]) Loc. cit.

([2]) Lamarmora (*Voyage*, II, 1° vol.) fa cenno, benchè non chiaro, di rocce assai ricche di inclusi, specie di brecce ignee, in parecchi luoghi di Sardegna e segnatamente al Monte Arcuentu (pag. 576) e al Monte Arbus (pag. 572). Gli inclusi, secondo l'A., sono di trachiti anfiboliche e fonolitiche, ma è noto che con tal nome egli erroneamenle voleva designare le andesiti basiche.

([3]) Loc. cit.

i quali evidentemente devono essere stati conglobati da esse, quando uscirono e quando fluirono sulla superficie del suolo.

Seguirono le altre eruzioni con rocce acide: al nord furono trachiandesiti normali o trachiandesiti acide, per lo più pirosseniche; al sud invece trachiandesiti o trachidaciti con biotite in prevalenza, le une e le altre a struttura vitrofirica o microfelsitica.

Non è agevole spiegare, perchè tanto al nord quanto al sud, tanto nel Sassarese quanto nei dintorni di Ittiri, le rocce vitrofiriche sieno piene di inclusi delle rocce più antiche, tanto da simulare talora una vera breccia ignea (*brèche de coulée* dei Francesi), mentre le rocce microfelsitiche ne sono prive o quasi. Forse le rocce vitrofiriche rappresentano la prima parte di queste immense colate, le quali dovettero farsi strada attraverso i grandiosi apparati detritici delle precedenti eruzioni, o dovettero scorrere sopra la parte di essi, che l'azione delle acque aveva trasportato lungi dalle bocche di emissione.

I tufi pomicei di natura trachidacitica sono l'ultima manifestazione vulcanica anteriore al miocene medio, che si riscontra nella regione: anzi, dove si rinvengono, essi, con aspetto subacqueo, formano gli infimi strati di questo piano e contengono frammenti di tutte le rocce vulcaniche descritte e specialmente di quelle più acide e più recenti. Essi dunque continuarono a deporsi, quando già l'invasione del mare miocenico aveva sommerso le colate delle precedenti eruzioni.

Tufi di altra natura e di altra età relativa non mi fu dato di constatare sicuramente, per quanto il Lamarmora ne parli in varî luoghi. Forse egli confuse con tufi rocce in istato di avanzata alterazione.

Nel capitolo precedente feci notare le molte analogie chimiche e litologiche, che corrono fra le rocce sarde, così basiche come acide, e rocce di Algeria e della regione del Cabo de Gata nella Spagna. Ora si deve osservare che fra tali rocce corrono anche delle strette analogie geologiche. Il fatto di rocce assai ricche di inclusi, — vere brecce ignee o *brèches de coulée*, — tanto comune in Sardegna, si ritrova in Algeria al vulcano Tifarouine (Gentil) [1], e a Cabo de Gata (Osann) [2]; e, inoltre, conglomerati e brecce di proiezione, analoghi a quelli da me descritti, e nei quali si ritrovano gli stessi tipi petrografici della Sardegna, sono stati osservati dai medesimi autori al Tifarouine e in altri luoghi dell'Algeria, e a Cabo de Gata.

L'analogia geologica è rivelata anche dall'età attribuita a questa eruzione: Gentil ritiene miocenico il vulcano Tifarouine ed altri dell'Algeria; e parimenti Osann assegna la stessa età assoluta alle principali eruzioni di Cabo de Gata.

Resta quindi dimostrato il fatto, geologicamente assai importante, della esistenza, in varî luoghi situati intorno al bacino occidentale del Mediterraneo (Sardegna, Algeria, Spagna), di rocce, che hanno composizione chimica e mineralogica analoga, ed alle quali molto probabilmente è attribuibile la medesima età geologica.

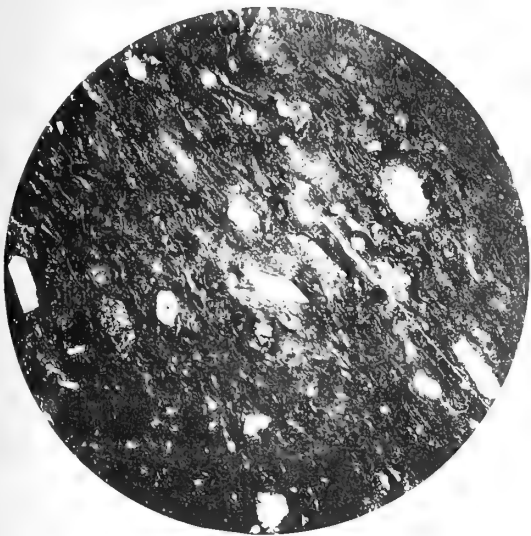
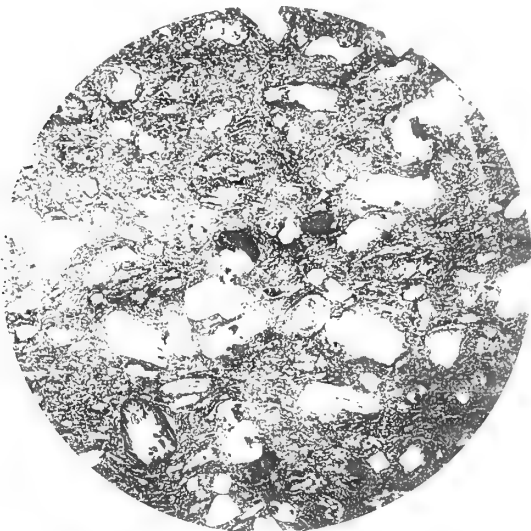
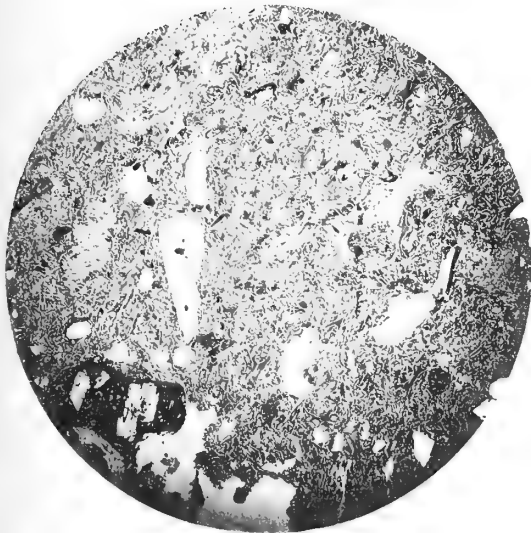
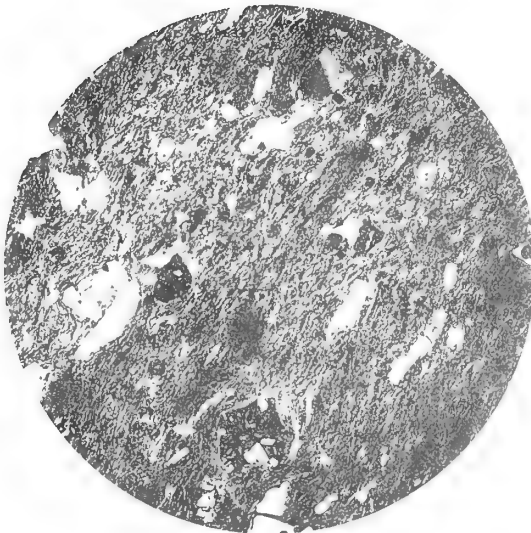
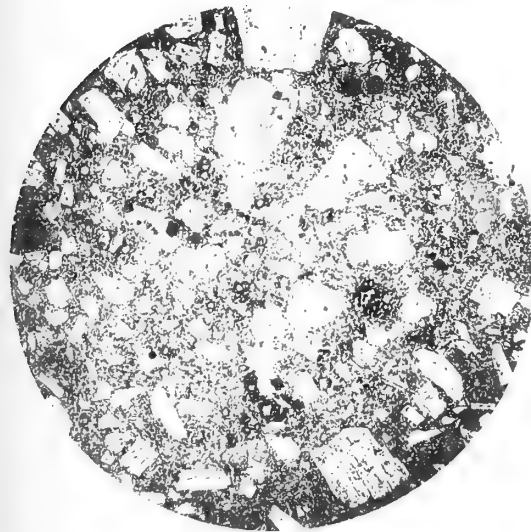
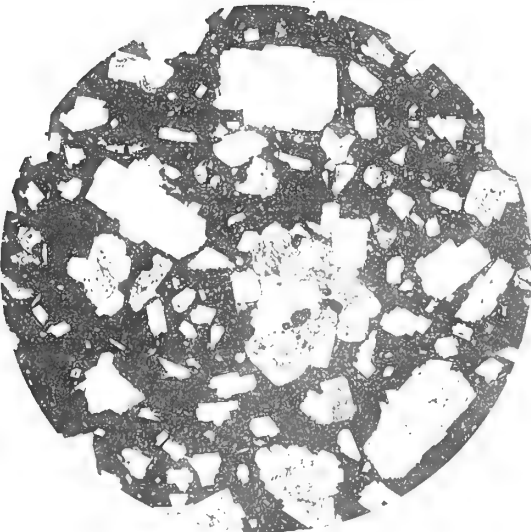
(1) Gentil, loc. cit.

(2) Osann A., *Ueber der geologischen Bau des Cabo de Gata.* Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft, XLIII, 1891, 323.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA.

1. Felsodacite di Monte Maiore (Putifigari). Luc. ord.
2. Felsotrachidacite di Sa Teula (Ittiri). Id. id.
3. Vitrotrachidacite della lava dell'Ospedale (Ittiri). Id. id.
   (a sinistra, in basso, un incluso di andesite iperstenica)
4. Vitrotrachiandesite di R. Sa Pischina Manna (Pala Reale). Luc. ord.
   (in basso un incluso di andesite iperstenica)
5. Andesite augitica di Pala Mantedda. Luc. ord.
6. Andesite iperstenica di Pala Mantedda. Id. id.

Fotografie dell'autore

Fotot. Danesi - Roma

RELAZIONE

letta dal Socio TODARO, relatore, a nome anche del Socio GRASSI, nella seduta del 5 febbraio 1911, sulla Memoria del dott. GUSTAVO BRUNELLI, avente per titolo: *La spermatogenesi della Tryxalis: Divisioni maturative*.

Nella sua Memoria l'A. studia il processo riduttivo in *Tryxalis*, pronunciandosi per il tipo preriduzionale. L'A. dimostra, come sin dal principio dell'accrescimento i cromosomi si mostrino scissi per il lungo. Seguendo gli individui cromosomici già scissi per il lungo durante tutto il periodo di accrescimento, l'A. pone alla fine di esso il fenomeno dell'accoppiamento (sindesi) degli individui cromosomici due a due. Viene così a dimostrare, che la prima divisione è senza dubbio preriduzionale, i due cromosomi di ciascuna coppia, temporaneamente riuniti alla fine di accrescimento, venendo separati nella prima divisione. La seconda divisione è equazionale avviene, cioè, secondo la scissione longitudinale anafasica della prima divisione, che corrisponde alla scissione longitudinale degli individui cromosomici quale si mostra fin dal principio dell'accrescimento. Ciò è particolarmente visibile nel cromosoma accessorio, che si scinde solo nella seconda divisione e che fin dall'inizio dell'accrescimento mostra chiaramente una fenditura longitudinale. L'A. conferma poi collo studio delle divisioni maturative quanto già espresse a proposito delle spermatogonie di *Tryxalis* sulla erroneità della interpretazione di Mc. Clung, dimostrando che non esistono cromosomi multipli. Si deve notare, che dall'ammettere l'esistenza dei cromosomi multipli nei Tryxalini, Mc. Clung era stato spinto a conclusioni generali sui rapporti tra le variazioni del complesso cromosomico e le variazioni degli organismi. L'A. muove anche alcune obbiezioni a Buchner relativamente ai supposti rapporti del cromosoma accessorio colla genesi nucleare dei mitocondrî. Nella parte generale l'A. espone alcune idee sui caratteri proprî della profase maturativa.

La Memoria dell'A. è accurata, così nella redazione del testo, come per ciò che riguarda le figure illustrative; essa contiene fatti citologici interessanti, e merita perciò di essere inserita negli Atti della nostra Accademia.

La spermatogenesi della Tryxalis: Divisioni maturative.

Memoria del dott. GUSTAVO BRUNELLI

(con una tavola)

Il processo riduttivo nella spermatogenesi degli Ortotteri è stato già oggetto, da parte nostra, di una precedente Memoria (1909). La notevole grandezza degli elementi della *Tryxalis* ci permette ora di portare un ulteriore contributo alla conoscenza del processo riduzionale e ad alcune altre quistioni citologiche, come ci ha già permesso (1910) di studiare nelle divisioni spermatogoniali della stessa specie (*Tryxalis nasuta L*), un particolar modo di ricostituirsi del nucleo [1].

PARTE ANALITICA.

Accrescimento.

La divergenza delle opinioni espresse dagli autori relativamente al modo come si effettua la pseudoriduzione, richiede, secondo il nostro modo di vedere, un più attento esame dei primi momenti dell'accrescimento. Mentre l'attenzione dei ricercatori è stata rivolta quasi esclusivamente al così detto « stadio di sinapsi », come abbiamo espresso in una precedente Memoria (1909), si è trascurato di solito un esame minuto della struttura nucleare quale si presenta dopo la telofase dell'ultima divisione spermatogoniale.

Nel nostro caso particolare della *Tryxalis*, nella telofase dell' ultima divisione spermatogoniale, due fatti sono indiscutibilmente palesi: 1°, ogni individuo cromosomico passa nel nucleo dello spermatocite conservando la propria autonomia; 2°, come nelle telofasi spermatogoniali antecedenti, ogni individuo cromosomico mostra una struttura spirale. La orientazione dei cromosomi telofasici apparisce in nuclei ben conservati (fig. 1), analogamente a quanto abbiamo osservato nelle spermatogonie delle precedenti generazioni [2].

[1] Data la eccezionale grandezza degli elementi, ci è sembrato utile di non ridurre le figure a più piccole dimensioni, onde emerga la chiarezza di alcuni stadii, sui quali vertono numerose discussioni.

[2] Vi è un momento della telofase in cui la cromatina facilmente si coarta, simulando un aspetto sinaptico, come abbiamo figurato nella precedente Memoria (fig. 26); allora, l'orientazione delle anse cromosomiche non apparisce.

Movendo da questa condizione, noi dobbiamo cercare quali siano le ragioni del caratteristico aspetto del nucleo dello spermatocite, rispetto al nucleo di una spermatogonia.

Come abbiamo visto (1910), nella linea spermatogoniale la ricostituzione del nucleo avviene mediante vescicole cromosomiche, onde ne deriva il caratteristico aspetto di nuclei lobati; qui invece si forma presto una vescicola nucleare unica, e soltanto il monosoma (fig. 1) sporge nell'inizio liberamente nel plasma, ma finisce anch'esso, coll'ingrandirsi della vescicola nucleare ad essere compreso nei suoi confini.

Ma da questo diverso aspetto del nucleo dello spermatocite rispetto a quello delle spermatogonie, quale risulta in *Tryxalis*, non si può dedurre un carattere generale, che valga in tutti i casi a differenziare un nucleo di spermatocite rispetto a quello di una delle ultime divisioni spermatogoniali, la ricostituzione del nucleo mediante vescicole cromosomiche non essendo propria di tutte le linee spermatogoniali.

Ciò che ci sembra notevole nel paragone tra il nucleo dello spermatocite e quello delle spermatogonie, è la successiva evoluzione dei cromosomi telofasici. È noto che nell'inizio dell'accrescimento sono state spesso descritte delle masse cromatiche iniziali. Queste apparenti masse cromatiche, che sembrano riscontrarsi nei più diversi organismi, così vegetali come animali, e che segnano uno dei primi momenti dell'accrescimento, hanno ricevuto diverse interpretrazioni, di cui vogliamo ricordare le principali:

Ipotesi dei gamocentri, di Strasburger (1904). — La cromatina si raggruppa attorno a dei centri, abbandonando i filamenti lininici. Il numero dei zigosomi rappresenta metà del numero dei cromosomi.

Ipotesi dell'associazione dei procromosomi, di Overton (1905-1909) *e Rosenberg* (1907-1909). — Differisce alquanto dalla precedente, ammettendo una coniugazione di due cromosomi somatici sotto forma di procromosomi [1], dai quali si svolgerebbero i filamenti doppî.

Ipotesi delle masse cromatiche, di Allen (1904). — Esistono delle masse cromatiche che si disgregano in granuli, e questi si distribuiscono lungo lo scheletro lininico.

Ipotesi delle pseudotetradi, di Wassilieff (1907). — Le apparenti masse cromatiche sono pseudotetradi destinate a disgregarsi e che stanno a rappresentare un tentativo di mitosi abortita. Questa spiegazione viene dall'A. ricollegata al concetto della depressione (R. Hertwig), secondo il quale nell'inizio dell'accrescimento, per il turbamento della relazione nucleo-plasmatica, lo spermatocite rappresenta una cellula in stato di depressione.

Ipotesi delle reti elementari, di Grégoire e Wigaerts (1904). — Le apparenti masse cromatiche sono reti elementari provenienti dalla vacuolizzazione dei cromosomi telofasici.

Queste diverse ipotesi non ci sembrano soddisfacenti, come in parte abbiamo discusso in precedente Memoria (1909).

[1] Intorno alla natura dei procromosomi si consultino Grégoire (1910) e Rosenberg (1910).

La nostra interpretazione delle apparenti masse cromatiche pur avvicinandosi alquanto a quella di Grégoire e Wigaerts, ne differisce per quegli stessi motivi per i quali abbiamo esposto una diversa modalità nella ricostituzione del nucleo (1910). Noi riferiamo le apparenti masse cromatiche alla struttura spirale dei cromosomi telofasici doppî.

Quando i cromosomi telofasici, come nel nostro caso, si presentano molto lunghi, è specialmente in un taglio che li colpisca di traverso che si ha l'apparenza di masse cromatiche (fig. 2). Se si esamina successivamente il modo di comportarsi del nucleo dello spermatocite, si mostra un peculiare carattere delle persistenti individualità cromosomiche, e questo carattere consiste nella detorsione e nell'allungamento dei sottili fili cromosomici.

L'apparente scomparsa delle masse cromatiche, che accompagna la così detta leptotenizzazione (formazione dei fili esili), non è dunque che l'evoluzione dei cromosomi telofasici, che si allungano detorcendosi.

Nelle spermatogonie, come abbiamo espresso precedentemente (1910), la detorsione dei fili cromosomici spirali segua il momento profasico in cui si ha pure il condensamento e l'ispessimento delle anse cromosomiche. Qui invece la detorsione si accompagna coll'estremo allungamento e assottigliamento degli individui cromosomici. In questo ci sembra di scorgere un momento essenziale della profase maturativa.

Mentre poi, secondo l'opinione di Grégoire, da ognuna delle sue reti elementari si svolge un filo semplice (leptotenizzazione propriamente detta), secondo la nostra opinione è un filamento doppio che si svolge da ciascuna delle apparenti masse cromatiche. Questo è in relazione con quanto abbiamo espresso (1910) sulla scissione anafasica dei cromosomi, alla quale abbiamo ricondotto la scissione profasica. Noi siamo così portati, da un nuovo punto di vista, ad opporci all'ipotesi della zigotenia, ossia della sindesi parallela o dell'accollamento dei fili sottili del così detto nucleo leptotene.

L'idea della zigotenia, come è noto, è stata sostenuta per gli Ortotteri, non solo dagli Schreiner (1906) e da Otte (1907), ma anche da autori più recenti, come Gerard (1909) e Morse (1909), ed è accettata anche da Grégoire (1910) il quale avrebbe riesaminato le preparazioni di De Sinety.

È molto importante perciò discutere questo punto, tenendo presente l'estrema difficoltà di analizzare le strutture nucleari in questo periodo.

Non solo, i cromosomi, per essere lunghissimi e sottilissimi, formano un groviglio complesso, ma anche l'estrema povertà del quantitativo cromatico rende difficile la interpretrazione. Vi sono in questo periodo lunghi tratti degli individui cromosomici, privi di cromatina, e l'analisi del substrato lininico è estremamente difficile. Il nostro tentativo di ricondurre la interpretrazione dei primi momenti dell'accrescimento alla duplicità iniziale dei segmenti spirematici e alla struttura spirale dei cromosomi telofasici, non sembrerà inutile, date le divergenze tra i fautori e gli oppositori della zigotenia, e considerato che, indipendentemente da noi, il citologo francese Dehorne (1910) è giunto ad idee molto simili sulla ricostituzione del nucleo.

Riferendoci a quanto innanzi abbiamo accennato, tre sono i fatti che dobbiamo considerare nel primo momento dell'accrescimento: 1°) Struttura spirale delle persi-

stenti individualità cromosomiche. 2°) Probabile loro duplicità. 3°) Scarsezza del quantitativo cromatico.

Non insistiamo sulla struttura spirale dei cromosomi telofasici: essa, come nelle precedenti telofasi spermatogoniali, apparisce molto evidente negli Ortotteri.

Circa la probabile duplicità, vi sono molti fatti che ci fanno sospettare che essa sia presente anche nell'auxocite. Innanzi tutto l'analogia colle precedenti divisioni spermatogoniali, secondariamente la manifesta duplicità del monosoma (fig. 1), il quale, essendo molto grande e ricco di cromatina, e non subendo l'estremo allungamento e assottigliamento degli autosomi, mostra più facilmente quella duplicità che negli autosomi è difficile accertare.

La nostra impressione è che i cromosomi telofasici ravvolti a spirale, estremamente poveri di cromatina, presentino in alcuni punti divergenti il sottilissimo e duplice sostegno lininico. Sono i fili divergenti che darebbero l' illusione del doliconema semplice evolventesi dall'apparente rete nucleare (fig. 3). Mentre i cromosomi si allungano e si detorcono, avverrebbe prima un allontanamento dei due fili in singoli tratti della individualità cromosomica, quindi l'aspetto di fili semplici confluenti in punti nodali di una rete, come qualche volta si scorge.

Successivamente, le due metà longitudinali degli individui cromosomici si parallelizzerebbero (fig. 4): donde gli aspetti intermedî che sono stati descritti come scissione di un filo unico, o come l'accollamento di due fili cromatinici aventi il valore di due cromosomi (ipotesi della zigotenia). Alle due ipotesi contrapposte dai sostenitori e dagli oppositori della zigotenia, noi ne aggiungeremo perciò una terza di una parallelizzazione graduale di due filamenti già esistenti nei cromosomi spirali telofasici.

La nostra spiegazione, opponendosi alla zigotenia, rende assai facile la interpretazione di alcuni stadî che d'altra parte anche i sostenitori della scissione profasica possono difendere debolmente [1].

Certamente, la nostra convinzione risulta da un esame prolungato, e la dimostrazione è altrettanto difficile come per una delle opposte ipotesi.

I fautori della zigotenia, come Grégoire, debbono ammettere che da ciascuna delle così dette masse cromatiche abbia origine un solo filamento sottile. Questa, come abbiamo accennato, è una naturale conseguenza della diversa interpretazione delle persistenti individualità cromatiche: le così dette reti elementari risultando, per Grégoire, dall'alveolizzazione dei cromosomi telofasici.

Se noi invece ammettiamo che la duplicità dei segmenti spirematici si riferisca alla fenditura anafasica della precedente divisione, non v'è una differenza essenziale con ciò che abbiamo sostenuto avvenire per le divisioni somatiche.

L'apparenza diversa sarebbe dovuta solo a ciò, che nelle mitosi somatiche non avviene questo precoce distendersi dei filamenti cromatinici, i quali emergono infatti nella profase ancora estremamente ritorti. Il precoce apparire di filamenti duplici, i quali non sono affatto paralleli in modo perfetto ma incrociano i loro costituenti, offre

[1] È noto che Meves (1908) ha dovuto ammettere, pur opponendosi alla zigotenia, che i fili doppî appariscono già nell'inizio indipendenti.

una difficoltà tanto per chi ammette la parallelizzazione, quanto per chi sostiene la scissione precoce di un filamento unico [1].

Gli oppositori e i fautori della zigotenia hanno ciascuno invocato questo fatto dell'incompleto parallelismo, che in realtà non parla in favore di nessuna delle opinioni espresse.

Grégoire (1910) si esprime chiaramente su questo punto, per noi essenziale: « Il incombe donc à Meves, non moins qu'à nous-même, d'expliquer comment, aux dépens d'un réseau, s'organisent des filaments disposés régulièrment deux à deux et entrelacés ». L'apparenza del parallelizzamento di fili sottili, sulla quale si fondano le teorie zigoteniche, riceve per ciò da parte nostra una spiegazione che sfugge alla obiezione del non perfetto parallelismo.

La divergenza e il riavvicinamento di due fili sottili, in origine ravvolti a spirale e accollati in singoli tratti, spiega i diversi aspetti del nucleo in questo stadio.

È notevole che l'obiezione principale di Grégoire contro l'idea di Meves, per cui la duplicità iniziale dei segmenti spirematici divergerebbe con quanto si osserva nelle mitosi somatiche, non ha valore quando si ammetta anche in queste una duplicità iniziale, come noi abbiamo fatto (1910).

Anche la esistenza del così detto stadio amfitene, proprio di alcune forme, nel quale in una parte del nucleo si osserva ancora una rete apparente, mentre in un'altra si osservano i filamenti doppî, se è difficile a spiegare per chi ammetta la fenditura profasica di un filo semplice, non è certamente facile a interpretare neppure pei fautori della zigotenia.

Secondo la nostra ipotesi, in quella parte o in quelle parti del nucleo nelle quali i filamenti spirali doppî delle anse cromosomiche divergenti in alcuni punti e convergenti in altri, non si sono ancora parallelizzati, si avrebbe ancora l'apparenza del reticolo, e quindi lo stadio amfitene potrebbe ancora spiegarsi.

In altri termini, sarebbe l'evoluzione dei cromosomi doppî telofasici che spiegherebbe i diversi aspetti che dall'inizio dell'accrescimento portano alle condizioni dello spirema doppio sottile, e questa evoluzione consisterebbe specialmente nella detorsione e nell'allungamento delle spirali cromosomiche (figg. 2, 3, 4).

Dopo lo stadio dei filamenti doppî sottili (fig. 4), i segmenti spirematici si ingrossano accorciandosi. Parliamo di segmenti spirematici e non di uno spirema continuo come già abbiamo rilevato per il *Gryllus*, non formandosi affatto uno spirema unico. È vero che, anche di recente, Gérard (1909) ha descritto negli stessi Ortotteri uno spirema continuo: ma la sua descrizione non è esente da critiche, come ha rilevato anche Grégoire (1910).

Le anse cromosomiche che costituiscono i segmenti spirematici, non presentano ordinariamente un'orientazione regolare secondo un tipico stadio di *bouquet* [2].

[1] Sono note le polemiche relative alla zigotenia da parte di Fick (1908), Meves (1908), Goldschmidt (1908) ed Häcker (1909).

[2] In una recensione del nostro lavoro sul *Gryllus*, Buchner insiste sulla costanza dello stadio di « bouquet ». Noi non l'abbiamo negato per alcune forme, ma torniamo a sostenere che esso in altre non è evidente, e resta da stabilirsi se talvolta l'indizio di uno stadio di « bouquet » non sia da riferirsi alla orientazione dei cromosomi telofasici.

Allo stadio in cui le anse cromosomiche, benchè ingrossate (fig. 5), mostrano ancora con una certa evidenza la loro duplicità, segue uno stadio pachiteno in cui la duplicità non è evidente (fig. 6). Con altri autori però riteniamo che anche in questo stadio i segmenti spirematici siano duplici: così che quando di nuovo appariscono evidentemente tali (fig. 8), non si tratterebbe di una vera fenditura longitudinale, ma soltanto della riapparizione della fenditura preesistente.

Prima divisione meiotica.

Allo stadio di spirema doppio segmentato segue il caratteristico periodo diacinetico (figg. 9, 10, 11), ma i gemini non hanno origine per raccorciamento e condensamento dei due costituenti dei segmenti spirematici slontanati e incrociati, secondo l'ipotesi degli strepsinemi zigotenici. Noi non abbiamo potuto trovare, in altri termini, uno sdoppiamento strepsinematico nel senso di Grégoire.

Grégoire (1910) ritiene che l'idea del ripiegamento delle branche cromosomiche (secondo l'ipotesi della metasindesi) che porterebbe alla formazione dei gemini, si debba a lacune nella osservazione degli strepsinemi.

Noi non abbiamo potuto riscontrare gli strepsinemi nel senso di Grégoire; riteniamo però, che, per spiegare la formazione dei gemini, non sia neppure necessario supporre che avvenga in tutti i casi un ripiegamento delle anse cromosomiche coniugate per i capi.

Ci sembra più verosimile che i gemini si formino in questo periodo diacinetico per il riavvicinamento e l'attrazione di anse cromosomiche innanzi autonome. Noi ammettiamo, in altri termini, una sindesi diacinetica (¹), senza escludere, ma neanche senza ritener necessario, che qualche volta le anse cromosomiche, avvicinate innanzi per i due estremi, confluiscano ripiegandosi.

Già nella nostra Memoria sul *Gryllus* abbiamo esposto l'idea che la sindesi non si operi nel periodo della così detta sinapsi, ed ora ci è dato esprimere questa convinzione, che essa si verifichi sostanzialmente nella diacinesi.

Il fenomeno dell'adesione (o agglutinazione) di due anse cromosomiche per i capi, che può verificarsi certo già innanzi alla diacinesi, non ci sembra un fenomeno costante e, in ogni modo, proprio del processo pseudoriduzionale.

Indipendentemente da ogni ipotesi sulla ereditarietà, e riguardo al semplice meccanismo della formazione dei gemini, l'essenziale processo della sindesi ci sembra risiedere in una reciproca attrazione delle anse cromosomiche, latente nell'accrescimento e manifesta nella diacinesi, forse anche per speciali condizioni osmotiche del nucleo in questo stadio.

Nella formazione dei gemini, mentre, specialmente nell'inizio (fig. 9), è visibile la scissione longitudinale delle due branche cromosomiche coniugate, questa scissione longitudinale non è più manifesta (fig. 11) col progressivo condensamento.

(¹) È notevole che una sindesi diacinetica è stata descritta da Wilson, per gli eterocromosomi degli Emitteri (si veda, su questo punto, anche Häcker, 1907). È notevole, perchè per gli eterocromosomi è assai più facile stabilire il momento vero della sindesi.

Le tetradi della *Tryxalis* sono di una notevole chiarezza, tanto che la loro costituzione apparisce con evidenza anche nella messa al fuso (fig. 12); ciò che certo non è dato sempre scorgere con facilità, come si rileva dalle descrizioni degli autori.

Nella piastra equatoriale si scorgono 10 tetradi, più il monosoma (fig. 13). Il numero degli autosomi è dunque di venti, come abbiamo potuto controllare collo studio della piastra equatoriale della divisione seconda, mostrante il numero aploidico, e come ci è risultato dalla veduta polare della telofase della prima e della seconda divisione maturativa.

I diversi aspetti delle tetradi nella metafase non sono solo dovuti al loro diverso modo di presentarsi, riscontrabile nella profase, ma perchè, come abbiamo espresso in una nostra precedente Memoria (1909), il passaggio dalla metafase all'anafase non è contemporaneo per le diverse tetradi, ed esistono delle forme da noi designate come meta-anafasiche, in cui le due branche cromosomiche, seguitando a rimanere a contatto per una delle estremità, si distendono verso i poli.

È questa evoluzione meta-anafasica della tetrade che Mc Clung ha preso per una metamorfosi assiale della tetrade stessa, movendo però dall' erroneo punto di vista dell' inserzione in justaposizione delle due branche cromosomiche.

Le nostre figure metafasiche (figg. 14, 15) di *Tryxalis* dimostrano chiaramente che l' inserzione dei due coniuganti è in superposizione: la chiarezza delle immagini metafasiche non lascia alcun dubbio su questo punto. Noi confermiamo perciò l' inserzione in superposizione, già ammessa per il *Gryllus* (1909), le tetradi di *Tryxalis* permettendo una più convincente dimostrazione di fronte alle tetradi del *Gryllus* (assai difficile a studiarsi, come ha rilevato anche Baumgartner).

Se osserviamo le figure di quegli autori, come Mc Clung e i suoi scolari, i quali sostengono una inserzione in justaposizione, è notevole che le loro tetradi si presentano come masse compatte le quali non lasciano analizzare i componenti (le branche cromosomiche) e la loro posizione relativa; come ha rilevato anche Grégoire (1910), le figure di Mc Clung mostrano dei cromosomi estremamente difficili a studiarsi.

È facile in questo modo parlare di metamorfosi assiale della tetrade! Anche le figure di Morse (1909), che sostiene una inserzione in justaposizione, sono tutt'altro che chiare.

In breve, un'analisi minuta della tetrade non si trova in nessuno degli autori che ha sostenuto la justaposizione contro la superposizione.

Per quanto si riferisce alla somiglianza delle nostre tetradi con quelle di altri organismi, è notevole la somiglianza con quelle chiarissime delle Gigliacee e degli Anfibii, tanto che non rimane alcun dubbio che esse risultino in sostanza da due branche cromosomiche incrociate.

L' inserzione dei fili acromatici è in generale, terminale o quasi terminale.

Le branche cromosomiche, allontanandosi verso i poli, rimangono in contatto colle loro estremità doppie, in modo tale che i cromatidi appariscono spesso incrociati.

Nell'anafase si mostrano con evidenza dei V anafasici semplici (fig. 16). Lo spazio tra le due branche corrisponde evidentemente, per la inserzione terminale o subterminale dei cromosomi, alla fenditura longitudinale di essi, o, in altri termini, non è che la riapparizione della precedente fenditura profasica.

La notevole evidenza dei V anafasici ci richiama le belle figure degli Anfibii: per citarne solo alcune, quelle della *Salamandra* (Meves 1896), dell'*Amphiuma* (Mac Gregor, 1899) e del *Batrachoseps* (Janssens e Dumez, 1903), tranne che in essi si tratta di V doppî, per la diversa inserzione dei fili della figura acromatica.

La notevole differenza in lunghezza, che nel nostro caso può osservarsi talvolta tra le due branche dei V anafasici, si deve a ciò che mentre le due branche più corte degli opposti V hanno perduto più presto il loro contatto, le altre lo hanno conservato più a lungo, ed è avvenuto per ciò uno stiramento maggiore. Quando anche esse pèrdono il loro contatto, tornano gradatamente alla lunghezza delle altre branche. Questi fenomeni si debbono evidentemente ascrivere alla fluidità dei cromosomi eterotipici, che giustamente ha rilevata la Bonnevie (1908). Infatti, se una notevole differenza in lunghezza delle due braccia del V persistesse dopo che i V sono completamente liberi nella loro ascensione polare, tale differenza sarebbe l'indizio di una inserzione submediana, e i V anafasici, invece di essere semplici, dovrebbero presentarsi doppî; ciò che in realtà non avviene.

Le due braccia dei V anafasici rappresentano per ciò le metà longitudinali della branca cromosomica univalente, e non possono neppure riguardarsi derivanti da una divisione trasversale anafasica di un V semplice, alla sua estremità, sia perchè, come abbiamo detto, non si parte da una inserzione in justaposizione, sia perchè l'inserzione dei fili della figura acromatica non è mediana, e l'apice del V nel nostro caso non può perciò rappresentare la parte media di una branca cromosomica.

Nella nostra Memoria del *Gryllus* (1909), abbiamo già criticato l'idea di Otte che i cromosomi anafasici subiscano una divisione trasversale, colla quale egli vorrebbe spiegare la forma di V assunta dai suoi semianelli nel muoversi verso i poli.

Nel *Gryllus*, dove anche noi abbiamo descritto dei semianelli anafasici, questi sono doppî, diversamente da quanto descrive Otte in *Locusta*. I suoi V anafasici, se sono semplici come egli descrive, sarebbero allora da riferirsi a una fenditura longitudinale, e l'inserzione dei fili acromatici sarebbe terminale e non mediana come descrive l'A.

Aggiungiamo alcune notizie relative al comportamento del monosoma nella prima divisione.

Il monosoma nella 1ª divisione compie la solita migrazione unipolare, indipendentemente dall'apparato cariocinetico; e, come abbiamo già rilevato in *Gryllus*, questo si accorda colle note vedute di Boveri sulle divisioni differenziali.

Il monosoma mostra con evidenza una scissura longitudinale (fig. 15); ciò che conferma quanto abbiamo asserito per il *Gryllus*, essere cioè, la scissura del monosoma, longitudinale e non trasversale come ha sostenuto Otte: il che ha non poca importanza relativamente al modo come si effettua la divisione seconda.

Ancora dobbiamo osservare che il monosoma, compiendo la sua migrazione unipolare non è affatto associato agli autosomi, secondo l'idea dei cromosomi multipli sostenuta da Mc Clung per altri Trixalini.

Nel nostro lavoro sulle spermatogonie di *Tryxalis* (1910) noi abbiamo esposto una critica minuta delle idee di Mc Clung, relative alla presenza di tetradi nel periodo spermatogoniale dei Trixalini. Abbiamo cercato allora di dimostrare che la sua

interpretazione è erronea e deriva dall'aspetto, in apparenza eterotipico, delle divisioni spermatogoniali stesse. Collo studio della prima divisione maturativa noi abbiamo una indiretta conferma dell' erroneità della descrizione di Mc Clung. La presenza di cromosomi multipli nel periodo spermatogoniale, avrebbe infatti per risultato, secondo l'A., una migrazione di tetradi intiere allo spermatocite secondo; ciò che non si verifica affatto. Per sostenere il suo punto di vista, ammettendo la divisionale equazionale delle tetradi normali, Mc Clung era costretto ad ammettere che nella prima divisione, nei Trixalini, alcuni cromosomi si dividessero equazionalmente, altri riduzionalmente! Questo fatto sarebbe stato certo di notevole importanza: lo ricorda anche Häcker (1907): « Von besonderem Interesse sind die Mitteilungen von Mc Clung (1905), welcher bei einer Orthoptere (Mermiria) die Chromosomen z. T. präreductionell z. T. prääquationell sich teilen sah ».

Intercinesi.

La intercinesi di *Tryxalis*, come in altri Ortotteri, mostra la persistenza dei cromosomi figli I. Il nucleo attraversa uno stadio di semi-riposo (semi-resting stage), evidentemente di breve durata (figg. 17 e 18).

Sebbene ad un'analisi superficiale e in preparazioni non bene riuscite non si scorga un particolare aspetto dei cromosomi intercinetici, l'analisi di preparazioni bene riuscite mostra, all'attenta osservazione, dei V cromatinici che sono da riferirsi ai V dell'anafase I, le due braccia dei V avendo il valore di metà longitudinali di cromosomi univalenti. Le nostre osservazioni su questo punto concordano con quelle di Davis (1908) su *Dissosteira* e *Stenobothrus*.

Anche nel caso in cui nella intercinesi non sono bene evidenti i contorni laterali e terminali degli individui cromosomici, si deve ammettere una simile persistenza dei cromosomi anafasici scissi per il lungo, riapparendo essi nella stessa forma e condizione al termine della intercinesi, come in ispecial modo abbiamo potuto dimostrare in *Gryllus* (1909), grazie a un particolare comportamento del monosoma.

L'evidente persistenza dei V anafasici in *Tryxalis* ci richiama le figure di Kingsbury (1902) per il *Desmognatus*, eccetto che i V intercinetici sono doppî nel caso di Kingsbury: ciò che è in relazione coll'essere i suoi V anafasici dovuti a una inserzione mediana.

È questa persistenza dei V anafasici che ci rende poi possibile sostenere, senza alcun dubbio sulla legittimità della interpretazione, la seconda divisione come divisione longitudinale.

Inoltre, questa caratteristica forma di individualità cromosomiche intercinetiche a V che convergono i loro vertici, ci richiama aspetti simili, descritti nella così detta sinmissi intercinetica.

I dubbî sôrti intorno alla reale esistenza di tale sinmissi intercinetica, ci fanno pensare che l'apparenza degli X intercinetici sia talvolta dovuta al semplice e temporaneo convergere degli apici di due V.

La continuità dei V anafasici attraverso la intercinesi sino alla divisione seconda, è mostrata nel nostro caso dalla seriazione degli stadii (figg. 17, 18, 19) che ci mostra i V emergenti chiaramente quando si dissolve la membrana del nucleo intercinetico (fig. 19), quali essenzialmente erano nell'anafase I.

Seconda divisione meiotica.

Non vi è nulla di speciale per ciò che si riferisce al fenomeno profasico, tranne che, come abbiamo osservato nella condensazione dei cromosomi intercinetici, le due metà longitudinali di ciascuno di essi rimangono spesso divaricate ad un estremo, seguitando a convergere gli altri due apici.

Si hanno così delle forme a V, già descritte da Sutton (1902) in *Brachystola* ma erroneamente interpretate rispetto alla direzione della divisione seconda, Sutton riguardando l'apice del V come il punto di contatto di due cromosomi coniugati: ciò di cui abbiamo discusso a proposito della prima divisione (ammettendosi da parte nostra una continuità tra i V anafasici e i V intercinetici). Nella metafase, spesso, gli estremi innanzi divergenti dei V, si riavvicinano, e i cromosomi metafasici si mostrano come branche doppie orizzontali (fig. 20).

In ogni caso, non si può mai parlare di divisione trasversale, come ammette Sutton. I suoi cromosomi metafasici a V non giustificano la sua conclusione, quando si pensi alle condizioni innanzi esposte dei cromosomi intercinetici.

La continuità tra i V anafasici, le persistenti individualità cromosomiche anche a forma di V nel perîodo intercinetico e le figure dei cromosomi, quali emergono nella profase della seconda divisione, tolgono ogni dubbio sulla natura equazionale della divisione seconda.

Così è anche evidente l'erroneità della idea di Otte, secondo il quale esistono tetradi intercinetiche che nella seconda divisione vengono divise trasversalmente. Se non insistiamo su questo punto, è perchè di ciò abbiamo esposto una critica nel lavoro del *Gryllus*, ed anche altri autori sono venuti a concludere sulla erroneità della interpretrazione di Otte.

Passando all'aspetto anafasico (figg. 21, 22), allontanandosi verso i poli i cromosomi figli II rimangono a contatto con un apice, quindi il noto aspetto simulante un'eterotipia e delle tetradi che in realtà non esistono.

Simili aspetti eterotipici abbiamo, del resto, già descritto nelle divisioni spermatogoniali, in opposizione ai reperti di Mc Clung (1905) sui Trixalini, concludendo per l'inestistenza di cromosomi multipli nel periodo spermatogoniale.

Se noi consideriamo l'aspetto in apparenza eterotipico che si presenta così nelle divisioni spermatogoniali, secondo la nostra precedente descrizione, come nella seconda divisione maturativa, ne emerge che nell'un caso e nell'altro questo aspetto eterotipico è dovuto alla notevole lunghezza dei cromosomi.

Nei cromosomi anafasici è sovente visibile una fenditura longitudinale (fig. 22), conforme a quanto è stato da noi descritto nelle mitosi spermatogoniali. A una tale fenditura longitudinale anafasica si riferisce manifestamente l'apparente duplicità delle braccia dei V, quale già si scorge nella profase (fig. 19) della divisione seconda.

APPENDICE

Monosoma e nucleolo.

Nella Memoria del *Gryllus* (1909) abbiamo discusso le relazioni degli eterocromosomi col nucleolo.

Mentre nel *Gryllus* ammettevamo che il monosoma al termine dell'accrescimento, si addossi costantemento al plasmosoma (nucleolo vero), ammettevamo anche che in alcune forme non si ritrovi questo costante rapporto. È così che in *Tryxalis*, pur esistendo così il monosoma come il plasmosoma (figg. 6, 7), essi si conservano indipendenti.

Questo, forse, è in relazione con una minore durata del periodo di accrescimento in *Tryxalis* (¹).

L'interesse di un costante rapporto tra monosoma e plasmosoma è stato da noi discusso nella Memoria del *Gryllus* (1909). Questo rapporto ha assunto una speciale importanza dopo che Buchner (1909) ha descritto nelle oogonie e negli oociti dello stesso insetto una formazione analoga, supponendo l'esistenza di un eterocromosoma proprio della linea germinale femminile, che farebbe le veci di un nucleolo. Un tale eterocromosoma nell'ovario sarebbe per ciò da paragonarsi, secondo l'A., all'anello cromatico di Giardina.

La teoria che attribuisce agli eterocromosomi una importanza nella determinazione del sesso, ne sarebbe profondamente scossa.

Gutherz (1909) da questo punto di vista, ha criticato il reperto di Buchner, negando il valore di cromosoma alla formazione descritta da tale autore negli oociti di *Gryllus*.

Di nuovo, a sua volta, contro Gutherz ha replicato Buchner (1910).

Poichè nella Memoria del *Gryllus* (1909) abbiamo discusso, da un punto di vista teorico, sulla possibilità di una formazione cromatinica nell'oocite analoga funzionalmente (per ciò che si riferisce al metabolismo cellulare) all'eterocromosoma dello spermatocite, vogliamo qui aggiungere alcune considerazioni.

L'esistenza di un nucleolo cromatinico, che in certo modo faccia le veci dell'eterocromosoma, era, secondo il nostro modo di vedere, presupposta dalle relazioni che nello spermatocite esistono tra eterocromosoma e nucleolo vero (plasmosoma). Altra però è la quistione, se un tale nucleolo cromatinico si debba identificare con un eterocromosoma.

(¹) Precisamente nella Memoria del *Gryllus* abbiamo supposto, in base a diversi fatti, che i rapporti tra plasmosoma ed eterocromosomi siano più evidenti nelle forme destinate a ibernare. Le nostre conoscenze sulla *Tryxalis*, dal punto di vista etologico sono ancora incomplete: ma se, come sospettiamo, la *Tryxalis* non iberna allo stato larvale, avremmo un conferma dell'opinione espressa.

Buchner (1909) appoggia le sue conclusioni anche coll'ammettere nello spermatocite una dualità del monosoma.

Stando ai fatti osservati, noi non possiamo accettare questa conclusione di Buchner. Nella descrizione degli spermatociti e nelle figure in nero che accompagnano il suo lavoro, Buchner trascura totalmente lo studio del plasmosoma (nucleolo vero) il quale viene confuso con una parte del monosoma distaccata da esso. E in realtà, nelle figure di Buchner colla reazione Obst non si vede mai un grosso nucleolo cromatinico distinto dall'eterocromosoma: e quello che egli raffigura come un piccolo nucleolo cromatinico è ora addossato al plasmosoma (fig. 30 dell'A.), ora indipendente (fig. 29 dell'A.) (¹).

Già nel nostro lavoro del *Gryllus* abbiamo rilevato le confusioni che si generano non distinguendo bene queste due formazioni; e non insistiamo su questo punto.

Soltanto, rispetto alla pretesa dualità del monosoma rileviamo che il plasmosoma dello spermatocite non sempre colle colorazioni si differenzia bene dal monosoma, e questo fatto rende così frequente l'aspetto di due apparenti nucleoli cromatinici, di cui uno solo lo è in sostanza.

Secondariamente osserviamo, ciò che in *Tryxalis* ci è avvenuto di constatare, che il monosoma, sia per la sua lunghezza, sia per essere tortuoso, può sovente essere colpito in modo da presentarsi due volte nella stessa sezione trasversale, dando l'illusione di due masse cromatiche distinte, che però in realtà sono continue.

PARTE GENERALE

Sul carattere della profase maturativa.

È noto come, col progresso della indagine, alcuni caratteri che si ritenevano proprî della cinesi eterotipica, sono stati riscontrati anche in cinesi somatiche. Basta ricordare la scissione longitudinale dei cromosomi anafasici, osservata anche in divisioni somatiche e della quale noi stessi (1910) abbiamo descritto un notevole esempio nelle stesse spermatogonie della *Tryxalis*.

Noi non vogliamo qui fare una discussione sui diversi caratteri della cinesi eterotipica da questo punto di vista, rimandando per ciò ai lavori di Haecker (1907), della Bonnevie (1907) e alla recente Memoria di Grégoire (1910).

Un solo punto ci interessa di discutere perchè riguarda da vicino le nostre ricerche: ed è precisamente l'evoluzione dei cromosomi telofasici rispetto ai caratteri proprii della profase maturativa.

A proposito delle spermatogonie della *Tryxalis*, abbiamo descritto una struttura spirale dei cromosomi telofasici, confermando parzialmente ed estendendo le idee della Bonnevie (1908) sulla struttura spirale dei cromosomi nella ricostituzione del nucleo.

(¹) Le idee di Buchner sulla dualità del monosoma si ricollegano alle sue vedute sulla relazione tra monosoma e cromidii. Noi seguitiamo, in base anche a ciò che abbiamo osservato in *Tryxalis*, a ritenere che l'interpretazione di Buchner relativamente a tal punto sia erronea.

La idea da noi sostenuta, che la scissione profasica sia da riferirsi alla precedente scissione anafasica, anche nelle mitosi somatiche, è stata posteriormente enunciata anche da Dehorne (1910) che ignorava il nostro lavoro.

È interessante considerare dal nostro punto di vista della ricostituzione del nucleo, la differenza che passa nella evoluzione dei cromosomi telofasici, quale si verifica nelle spermatogonie, e la evoluzione dei cromosomi telofasici nello spermatocite.

Se noi consideriamo la precoce detorsione e l'allungamento concomitante dei fili cromosomici nello spermatocite, possiamo vedere in ciò una caratteristica della profase maturativa.

Non dunque la precoce apparizione di anse cromosomiche scisse per il lungo, come da qualcuno si è sostenuto, ma un particolare loro modo di presentarsi segna il carattere della profase maturativa.

In sostanza, i diversi aspetti del nucleo dello spermatocite in accrescimento sono dovuti a una particolare evoluzione delle individualità cromosomiche.

Mentre il nucleo dello spermatocite ingrandisce, gli individui cromosomici estremamente poveri di cromatina si distendono, e la loro detorsione accompagna il loro allungamento. Se noi paragoniamo questa evoluzione degli elementi cromosomici nell'auxocite, a quella che si verifica nella linea spermatogoniale, rileviamo che nelle spermatogonie la detorsione delle spirali telofasiche accompagna nella profase il condensamento delle anse cromosomiche, e ciò non avviene nell'accrescimento.

È lecito però domandarsi: fino a qual punto sostanzialmente diverge la profase maturativa dalla profase somatica?

Già alcune differenze pensate tra i due processi profasici caddero per le progredite conoscenze sulla ordinaria mitosi.

L'idea di uno spirema continuo, ritenuto come una tappa ordinaria del processo cariocinetico, non risponde più, per esempio, alle nostre cognizioni citologiche. Se, però, anche nelle cinesi somatiche esistono segmenti spirematici e non uno spirema continuo, è facile intendere la fallacità di quella dottrina che faceva consistere il carattere della profase maturativa in uno special modo di segmentarsi dello spirema (in $\frac{n}{2}$ segmenti).

Nè dal punto di vista della individualità dei cromosomi, per noi così chiara ed evidente, ci sembra concepibile la scomparsa di metà dei cromosomi, o la fusione dei cromosomi a due a due, invocate entrambe per spiegare il processo riduttivo. Di queste due dottrine, la prima si può dire che non è più ammessa, la seconda trova pochi sostenitori, i quali d'altra parte divergono anche nello stabilire il processo delle due divisioni maturative.

Se si eccettuano inoltre i pochi casi in cui si ammette il tipo primario di riduzione (Goldschmidt) e che sono, del resto, anche molto discussi, non restano in campo che le teorie della pseudoriduzione operata mediante la sindesi.

Certamente, anche qui il campo delle indagini non è scevro da ipotesi. Il tentativo, altrettanto giustificato quanto fecondo, di trovare una base obiettiva per la interpretazione dei fenomeni Mendeliani, portò i cercatori ad ammettere una finalità della sindesi, all'infuori del semplice meccanismo riduttivo.

Non era solo da spiegarsi l'apparente riduzione a metà del numero dei cromosomi, ma uno special modo di accoppiarsi dei cromosomi paterni e materni.

L'idea di una sindesi parallela serviva anche a dare una interpretazione dell'oscuro fenomeno della sinapsi; così anche Winiwarter (1900) scriveva che la contrazione cromatica dei nuclei sinapteni è inutile, se si tratta solo di una semplice divisione longitudinale dei filamenti cromatici.

Fu certo sotto l'influenza dell'idea di uno scambio di cromomeri che trovò una maggiore accoglienza, da parte di molti autori, l'ipotesi della sindesi parallela. Basta ricordare, per esempio, le considerazioni colle quali Strasburger (1905) accompagna la sua interpretazione del processo riduzionale [1].

Così, anche secondo gli Schreiner la sindesi parallela risponde al presupposto teorico di una coniugazione dei cromomeri.

Le difficoltà di interpretare i processi ereditarî secondo l'uno o l'altro dei processi pseudoriduzionali, sono state anche di recente analizzate da Häcker (1910), e senza dubbio esse hanno influito a muovere i diversi autori verso una diversa interpretazione del modo di formazione dei gemini e del loro comportamento nella cinesi maturativa.

Se si considera la pseudoriduzione nel suo tangibile carattere di un temporaneo accoppiamento di due cromosomi, indipendentemente da uno scambio di cromomeri, allora solo non apparisce tra i due processi di parasindesi e di metasindesi una sostanziale differenza; e, esclusa la necessità di una sindesi parallela, la sindesi terminale non implica, all'infuori del meccanismo cariocinetico, un processo essenziale per la natura dei fenomeni ereditarî.

Le diverse combinazioni di cromosomi paterni e materni sono realizzabili, così ammettendo la paresindesi come la metasindesi.

Se si considera la persistente individualità dei cromosomi anche nel nucleo delle cellule spermatogoniali, il fatto della pseudoriduzione non esige una diversità fondamentale nel periodo che precede la formazione dei gemini, relativamente alla possibilità di incontrarsi dei cromosomi omologhi [2].

D'altra parte la formazione dei gemini, per ciò che concerne il suo semplice meccanismo, potrebbe riguardarsi come l'espressione di uno stato particolare del nucleo alla fine dell'accrescimento.

L'opinione già da noi espressa (1909), che l'accoppiamento dei cromosomi non si effettui nel periodo della così detta sinapsi, si riferisce innanzi tutto alla poca

[1] Fino a qual punto, per spiegare i fenomeni Mendeliani, sia necessario ammettere o no una diversità individuale dei cromosomi, un loro particolar modo di accoppiarsi, ed inoltre uno scambio di cromomeri, è stato discusso, oltre che da Strasburger, da diversi autori: argomento per il quale si rimanda alle Memorie di Ziegler (1905), di Heider (1906), di Häcker (1907) e di Gross (1906).

[2] Come ricorda Grégoire (1910): « Delle ricerche su certe piante (Strasburger, 1905, 1907; il suo allievo Müller, 1909; Sykes, 1908), hanno mostrato che i cromosomi, anche nelle cinesi somatiche, sono alla fine della profase e alla metafase, distribuiti per paia, secondo le loro dimensioni, e una disposizione simile è stata constatata per gli animali da Janssens e Willems (1908). È chiaro che una disposizione di questo genere deve essere conservata e anche accentuata alla telofase e nel reticolo quiescente, di modo che il reticolo stesso è costituito da anse cromosomiche disposte due per due ».

verosimiglianza che si effettui una sindesi parallela; d'altra parte, interpretando la formazione dei gemini come il risultato di una reciproca attrazione delle branche cromosomiche omologhe, sembra più verosimile che l'accoppiamento si determini quando avviene il condensamento delle anse cromosomiche, e in particolare nella diacinesi. Noi incliniamo a riguardare tale momento come essenziale per la formazione dei gemini, indipendentemente da uno scambio di cromomeri (assai difficile in tale momento in cui le anse si condensano).

Il processo pseudoriduttivo, ammettendosi la persistente individualità dei cromosomi, quali emergono dall'ultima telofase spermatogoniale, e la loro iniziale duplicità, ci apparisce assai meno complesso e difficile a spiegarsi di quello che non sia stato pensato; e, sovra tutto, in tal modo, l'interpretrazione della profase maturativa viene collegata all'interpretazione della profase somatica.

Le controversie sul processo riduttivo e i primi momenti dell'accrescimento.

Mentre la ricerca si orienta verso un tipo unitario di riduzione, è interessante seguire lo svolgimento delle controversie sul processo riduttivo degli Ortotteri, sia perchè in questo gruppo si sono ammessi tutti i diversi tipi di riduzione, sia per la nota importanza degli Ortotteri dal punto di vista della citologia.

Le controversie sul processo riduzionale negli Ortotteri sembravano risolversi per il tipo preriduzionale, escludendo anche la pseudorizione zigotenica, dopo le ricerche di Davis (1908), di Buchner (1909) e quelle nostre (1909), e concludevamo tutti per accettare sostanzialmente il tipo preriduzionale sostenuto dal Montgomery (1905), contro il quale tipo di riduzione avevan replicato Mc. Clung (1908) e la sua scuola (Nowlin, Robertson, Pinney), sostenendo la postriduzione.

Anche la possibilità di una postriduzione con sinmissi, sostenuta da Otte, non riceveva alcuna conferma, e noi ne esponevamo una critica abbastanza estesa nel lavoro del *Gryllus*, ove il caratteristico comportamento del monosoma ci offriva una favorevole disposizione per la interpretazione dei fenomeni intercinetici.

Senonchè, la questione ricadeva in un momento dubbioso dopo le ricerche di altri autori relative agli stessi Ortotteri, ricerche che venivano nuovamente ad opporsi al tipo preriduzionale (Gérard 1909, Morse 1909, Granata 1910) e a sostenere la zigotenia (Gérard 1909, Artom 1909).

Gli autori i quali hanno voluto seguire Mc Clung, coll'ammettere la postriduzione, debbono sostenere la inserzione delle branche cromosomiche in justaposizione; ora, come abbiamo ricordato, non ci sembra che ciò risulti dalle loro figure, e che le tetradi da essi figurate si lascino analizzare da questo punto di vista. Mentre non dubitiamo menomamente che un'analisi delle tetradi in materiale favorevole, come nel nostro caso, porterà a stabilire definitivamente che la inserzione in justaposizione è solo un'apparenza, ricordiamo che, da questo punto di vista, vi è la base di un comune accordo anche coi fautori della zigotenia, nell'ammettere il tipo preriduttivo, secondo lo schema eteromeotipico di Grégoire (Artom, 1909, negli stessi Ortotteri).

La divergenza più saliente non sussiste perciò relativamente al carattere riduzionale della prima divisione maturativa, ma sta nell' ammettere uno special modo con cui la pseudoriduzione si effettua. Le controversie tra i fautori e gli oppositori della zigotenia, si debbono principalmente alla estrema difficoltà di analizzare e di interpretrare l' inizio dell'accrescimento.

L' ipotesi da noi avanzata, che la scissione profasica sia la riapparizione della scissione anafasica, ricollega la interpretazione dei primi momenti dell'accrescimento alla conoscenza del normale processo cariocinetico.

L' accordo già ormai stabilito nell' ammettersi dalla pluralità degli autori lo schema eteromeotipico, diventerà completo quando, col progresso della indagine, gli autori si accorderanno anche sulla presenza o sull'assenza della zigotenia, in questo senso, la nostra ipotesi è una ipotesi di lavoro.

Sembrava certo sconfortante che col moltiplicarsi delle indagini laboriose si moltiplicassero anche i tipi di riduzione, e il problema sembrava oscurarsi, invece di ricevere nuova luce; ma la critica ha gradatamente messo in quarantena i tipi più divergenti del processo riduttivo, come quelli relativi alla sinmissi intercinetica ed altri ancor più singolari. Nè i sostenitori del tipo eumitotico trovano ormai un largo consenso. Però, se le divergenze sulla zigotenia continueranno, speriamo che se ne avvantaggi la conoscenza del processo cariocinetico in generale. Come abbiamo espresso nella nostra Memoria del *Gryllus*, l'attenzione dei ricercatori deve essere rivolta ai primi momenti dell'accrescimento: ciò che invece non è stato fatto; e siamo lieti che la nostra convinzione si accordi con quella di Grégoire (1910) su questo punto sostanziale.

Se gli oppositori della zigotenia hanno trascurato lo studio dei primi momenti dell'accrescimento, lo stesso si può dire di molti fautori della zigotenia, come ricorda lo stesso Grégoire (1910), a proposito delle ricerche di Gérard sugli Ortotteri.

Noi non crediamo di aver dato la dimostrazione che la zigotenia non esiste, ma incliniamo soltanto a non ammetterla per le ragioni innanzi accennate.

Le nostre osservazioni sulla struttura dei cromosomi telofasici, quale si riscontra nelle mitosi somatiche, ci hanno permesso di guardare da un nuovo punto di vista nei primi momenti dell'accrescimento. L' indipendente conclusione di Dehorne (1910) che, ignorando le nostre precedenti Memorie, è giunto a risultati pressochè identici e ad analoghe conclusioni, ci fa sperare che l'attenzione dei ricercatori sarà richiamata su questo punto.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN C. E, 1904. « Chromosome reduction in *Lilium canadense* ». Bot. Gaz. 37.

ARTOM C., 1909. « Cromosomi ed eterocromosomi nelle cinesi spermatogenetiche di *Stauronotus maroccanus* Thunb ». Biologica, vol. 2.

BONNEVIE Chr., 1907. « Heterotipical mitosis in Nereis ». Biol. Bull., vol. 13.

— 1908. « Chromosomenstudien I ». Arch. f. Zellf. 1 Bd.

— 1908. « Chromosomenstudien II ». Ibid. 2 Bd.

BRUNELLI G., 1909. « La spermatogenesi del *Gryllus desertus* Pall. (Divisioni spermatogoniali e maturative) ». Mem. Acc. Lincei, vol. VII.

— 1910. « Sulla ricostituzione del nucleo » Nota preliminare. Rend. R. Acc. Lincei, vol. XIX.

— 1910. « La spermatogenesi della *Tryxalis* ». Parte 1.ª Divisioni spermatogoniali. Mem. Soc. italiana delle Sc. (detta dei XL). Serie III, T. XVI.

BUCHNER P., 1909. « Das accessorische Chromosom in Spermatogenese und Ovogenese der Orthopteren, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Reduktion » Arch. f. Zellf. Bd. 3.

— 1910. « Zur Bedeutung des Heterochromosomen (mit einer Erwiderung an S. Gutherz) » Arch. f. Zellf. Bd. 5.

DAVIS H. Sp., 1908. « Spermatogenesis in *Acrididae* and *Locustidae* ». Bull. Mus. Comp. Zöol. at Harvard-College, vol. 53.

DEHORNE A., 1910. « Sur la coexistence de la division et d'une subdivision des chromosomes à l'état quiescent » C. R. Ac. Sc.

FICK R., 1908. « Zur Konjugation der Chromosomen » Arch. f. Zellf. Bd. 1.

GÉRARD P., 1909. « Recherches sur la Spermatogénèse chez *Stenobothrus biguttulus* ». Arch. Biol. T. 24.

GOLDSCHMIDT R., 1908. « Ist eine parallele Chromosomenkonjugation bewiesen ? ». Arch. f. Zellf. Bd. 1.

GRANATA L., 1910. « Le cinesi spermatogenetiche di *Pamphagus marmoratus* (Burm) ». Arch. f. Zellf. Bd. 5.

GRÉGOIRE V., 1907. « La formation des gemini héterotypiques dans les végétaux ». La Cellule. T. 24.

— 1907. « Les fondaments cytologiques des théories courantes sur l'hérédité Mendélienne. Les chromosomes: individualité, reduction, structure ». Ann. S. R. Zool. et. Malac. de Belgique. T. 42.

— 1909. « Les phénomènes de l'étape synaptique représentent-ils une cariocinèse avortée ? ». La Cellule. T. 25.

— 1910. « Les cinèses de maturation dans les deux règnes. L'unité essentielle du processus méiotique ». La Cellule. T. 26.

GROSS I., 1906. « Ueber einige Beziehungen zwischen Vererbung und Variation ». Biol. Cbl. Bd. 26.

GUTHERZ S., 1909. « Wird die Annhame einer Beziehung zwischen Heterochromosomen und Geschlechtsbestimmung durch das Studium der *Gryllus*-Oogenese widerlegt ? ». Sitzb. naturf. Freunde. Berlin. 9.

HAECKER V., 1907. « Die Chromosomen als angenommene Vererbungsträger ». Ergeb. Fortschr. Z. Bd. 1.

Haecker V., 1909. « Ueber die Chromosomenbildung der Aulacanthiden. Zur Kritik der Hypothesen von der Parallelconjugation ». Z. Anz. Bd. 34.

— 1910. « Ergebnisse und Ausblicke in der Keimzellenforschung ». Zeitschr. f. Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre. Bd. 3.

Heider K., 1906. « Vererbung und Chromosomen ». Iena, 1906.

Janssens et Dumez., 1903. « L'élément nucléinien pendant les cinèses de maturation des spermatocytes chez *Batrachoseps attenuatus* et *Pletodon cinereus* ». La Cellule. T. 20.

Kingsbury. B. F., 1902. « The spermatogenesis of *Desmognathus fusca* ». Amer. Iourn. of Anat., vol. 1.

Mc Clung., 1905. « The Chromosome Complex of Orthopteran Spermatocytes ». Biol. Bull. Woods Holl., vol. 9.

— 1908. « Spermatogenesis of *Xiphidium fasciatum* ». Lawrence. Kansas. Unit. Sc. Bull. vol. 4.

Mc Gregor. F. H., 1879. « The spermatogenesis of *Amphiuma* ». Journ. Morphol. 15 suppl.

Meves Fr., 1908. « Es gibt keine parallele Konjugation der Chromosomen! ». Arch. f. Zellforsch. Bd. 1.

Montgomery Th., 1905. « The spermatogenesis of *Syrbula* and *Lycosa*, with general considerations upon chromosome reduction and heterochromosomes ». Proc. Acad. N. Sc. Philadelphia, vol. 57.

Morse M., 1909. « The nuclear components of the sex cells of four species of Cockroaches ». Arch. f. Zellf. Bd. 3.

Nemec B., 1910. « Das Problem des Befruchtungsvorgänge und andere zytologische Fragen ». Berlin (Borntraeger).

Otte H., 1907. « Samenreifung und Samenbildung bei *Locusta viridissima* ». Z. Jahrb, Abth. Morph. Bd. 24.

Overton F. B., 1905. « Ueber Reduktionsteilung in den Pollenmutterzellen einiger Dikotylen ». Jahrb. wiss. Bot. 42.

— 1909. « On the Organization of the Nuclei in the Pollen Mother-cells of certain Plants with especial Reference to the Permanence of the chromosomes ». Ann. of Bot. 23.

Pinney E., 1908. « Organisation of the chromosomes in *Phrynotettix magnus* ». Kansas. Univ. Sc. Bull. vol. 4.

Robertson R. B., 1908. « The chromosome complex of *Syrbula admirabilis* ». Kansas. Univ. Sc. Bull., vol. 4.

Rosenberg O., 1907. « Zur Kenntnis der praesynaptischen Entwicklungsphasen der Reduktionsteilung ». Sv. Bot. Tids. 1.

— 1909. « Zur Kenntnis von den Tetradenteilungen der Compositen ». Sv. Bot. Tids. 3.

Schreiner A. e K. E., 1906. « Neue Studien über die Chromatinreifung des Geschlechtszellen. 1. Die Reifung des männlichen Geschlechtszellen von *Tomopteris onisciformis*. Eschscholtz ». Arch. Biol. T. 22.

Strasbusger E., 1904. « Ueber Reduktionsteilung ». Sitz. Ber. der K. Preus. Akad. der Wiss. 18.

— 1905. « Die stofflichen Grundlagen der Vererbung im organischen Reich. Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung ». Jena 1905.

Sutton W. S., 1902. « On the morphology of the chromosome group in *Brachystola magna* ». Biol. Bull. Woods. Holl., vol. 4.

Vejdovsky F., 1907. « Neue Untersuchungen über die Reifung und Befruchtung ». K. Böhm. Ges. Wiss. Prag.

Wassilieff A., 1907. « Die Spermatogenese von *Blatta germanica* ». Arch. mikr. Anat. Bd. 70.

Winiwarter (von) H., 1900. « Recherches sur l'ovogénèse et l'organogénèse de l'ovaire des mammiferes. (Lapin et Homme). Arch. Biol. T. 17.

Ziegler H. E. 1905. « Die Vererbungslehre in der Biologie ». Jena, 1905.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA

Tutte le figure sono state designate mediante la camera chiara (Abbe): oculare 12, obiettivo Imm. $^1/_{15}$ Semi-apocr. 'Koritstka, tubo 160^{mm}. (Da preparati fissati con miscele osmiche e coloriti con safranina e verde-luce).

FIGG. 1. 2. Inizio dell'accrescimento, orientazione dei cromosomi telofasici.

FIG. 3. Accrescimento. Evoluzione delle spirali cromosomiche.

FIG. 4. Accrescimento. Stadio dello spirema doppio sottile.

FIG. 5. Accrescimento. Ingrossamento e condensamento dei segmenti doppi spirematici.

FIGG. 6. 7. Accrescimento. Stadi pachiteni in cui la duplicità dei segmenti spirematici non è evidente.

FIG. 8. Riapparizione della fenditura longitudinale dei segmenti spirematici.

FIGG. 9. 10. 11. Formazione e condensazione dei gemini eterotipici.

FIG. 12. Messa al fuso della 1ª divisione maturativa.

FIG. 13. Piastra equatoriale della medesima.

FIGG. 14. 15. Metafase della 1ª divisione maturativa. La fig. 15 mostra il monosoma scisso longitudinalmente.

FIG. 16. Anafase della 1ª divisione maturativa.

FIG. 17. Nel nucleo intercinetico si scorgono i V cromatinici derivati dai V anafasici.

FIG. 18. Intercinesi che mostra lo stadio di semiriposo e il monosoma migrato a una sola delle cellule figlie.

FIG. 19. Scioglimento della membrana nucleare della spermatocite secondo.

FIG. 20. Metafase della 2ª divisione.

FIGG. 21. 22. Anafase della 2ª divisione.

FIGG. 23. 24. Ricostituzione dei nuclei figli della seconda divisione e formazione degli spermatidi. La fig. 24 mostra il monosoma migrato in ambedue i nuclei figli.

RELAZIONE

del Socio A. Battelli (relatore) e del Socio A. Ròiti, letta nella seduta del 2 aprile 1911, sulla Memoria del dott. A. Occhialini, intitolata: *I fenomeni luminosi all' inizio dell' arco.*

Nel presente lavoro il dott. Occhialini rileva e discute le varie particolarità che presenta l'adescamento dell'arco.

L'A., giovandosi di una felice disposizione da lui ideata e già messa in pratica in altre sue ricerche precedenti, riesce a fotografare le varie fasi dell'adescamento e a dimostrare nel modo più convincente che nello stabilirsi dell'arco si hanno due processi successivi, il primo dei quali ha carattere esplosivo ed è accompagnato dall'emissione di uno spettro di righe, l'altro costituisce l'arco propriamente detto. Lo stabilirsi del primo processo richiede la temperatura elevata del catodo: il secondo processo esige inoltre che sia sufficientemente caldo anche l'anodo. In riprova di ciò l'A. è riuscito ad isolare il processo esplosivo dal susseguente, facendo adescare l'arco sopra un anodo costituito da un disco girante.

Egli spiega la funzione del processo iniziale ammettendo che serva a riscaldare l'anodo, e quindi a preparare le condizioni nelle quali può sussistere l'arco propriamente detto: tanto è vero che, come egli mostra, se si adesca l'arco con un anodo già riscaldato, si stabilisce la seconda parte del processo senza la prima.

Un importante risultato poi si riferisce al senso secondo cui si propaga la luminosità allorchè l'arco si stabilisce. L'A. ritrova il risultato già ottenuto dal Villard, e cioè che la luminosità va dall'elettrodo positivo al negativo, quando l'adescamento ha luogo con anodo caldo e senza capacità in derivazione sugli elettrodi, mentre trova il contrario se una conveniente capacità è posta in derivazione sugli elettrodi stessi. L'A. deduce da tutto questo che la scarica comincia sempre dal negativo, ma che è necessario che sia derivata sugli elettrodi una certa capacità perchè essa presenti fenomeni luminosi fin dal suo inizio.

Così il dott. Occhialini con esperienze ingegnose e accurate, con acume di interpretazione e di discussione è giunto a portare un notevole contributo alla conoscenza di un fenomeno interessantissimo. Perciò i Commissarî propongono che la presente Memoria sia pubblicata integralmente nei volumi delle Memorie insieme con la riproduzione fedele della tavola fotografica sulla quale riposa la prova delle conclusioni.

I fenomeni luminosi all'inizio dell'arco.

Memoria del dott. A. OCCHIALINI

(con una tavola)

1. In un lavoro pubblicato nel 1909 (¹) ho fatto conoscere un metodo semplice per adescare un arco mentre i carboni sono separati. Di questo metodo ho già avuto occasione di servirmi per osservare alcuni fenomeni che accompagnano l'arco nel suo periodo iniziale (²). Dello stesso metodo mi servo ora per indagare in qual modo incominciano i fenomeni luminosi allorchè l'arco si adesca; e in questo lavoro mi propongo di esporre alcuni risultati di tali ricerche.

Sullo stesso argomento ebbe occasione di intrattenersi soltanto il Villard (³) mentre osservava i fenomeni luminosi in un arco alternato; e delle conclusioni alle quali è giunto si è valso per dar valore a una sua interpretazione della scarica nei gas.

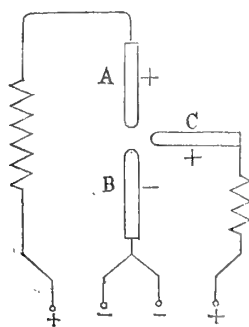



Fig. 1.

Appunto per l'aiuto che tali studi possono portare nell'interpretazione della scarica in generale, e particolarmente del meccanismo dell'arco elettrico, io li ho ripresi; tanto più che il mio metodo di adescamento, permettendo un brusco verificarsi di certe circostanze, è atto a rivelare i fenomeni preparatorii e iniziali forse meglio dell'arco alternato in cui le condizioni variano con continuità.

Per chiarezza descrivo novamente qui la disposizione che ho usata per ottenere l'adescamento dell'arco fra elettrodi separati. Fra due carboni A, B posti sul prolungamento l'uno dell'altro è stabilito un arco continuo, la funzione del quale è di tenere a temperatura elevata il catodo B. Un terzo carbone C, perpendicolare ai primi due, è posto all'altezza dell'intervallo lasciato da questi (fig. 1). In tali condizioni

(¹) Nuovo Cimento, *18*, 63, 1909.
(²) Nuovo Cimento, *19*, 311, 1910.
(³) Journal de Physique, *7*, 350, 1908.

basta stabilire una conveniente differenza di potenziale fra C positivo e B negativo, perchè subito un arco scocchi tra questi due carboni.

2. Osservazione cinematografica - Dispositivo sperimentale. — Con questo sistema di adescamento l'esame dei fenomeni luminosi all'inizio dell'arco può essere fatto per mezzo dell'impressione fotografica. Perciò sopra un cilindro metallico D rivestito di carta al bromuro ho formato, mediante l'obbiettivo O (fig. 2), un'immagine degli elettrodi G fra i quali l'arco deve scoccare. Il cilindro D è girevole intorno a un asse e spostabile parallelamente a questo. Lo spostamento parallelo all'asse si ottiene facendo ingranare un dente E nella vite tracciata sull'asse stesso.

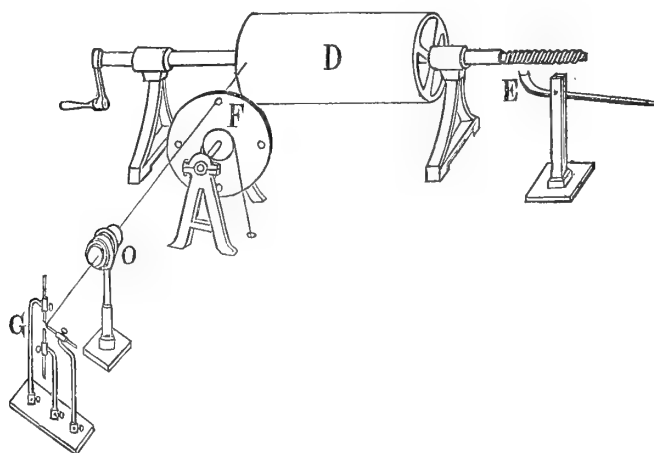



Fig. 2.

Per avere poi la fotografia dell'arco nelle diverse fasi del suo adescamento ho usato un dispositivo cinematografico ottenuto ponendo sul cammino della luce un disco di zinco F munito di fori; questo disco, rotando rapidamente nello stesso tempo che il cilindro D gira lentamente, permette il passaggio della luce e l'impressione della carta sensibile ad intervalli regolari di tempo.

Due custodie di legno verniciate di nero chiudono l'una l'arco G, l'altra il cilindro D. Un otturatore a tendina posto sulla custodia che chiude il cilindro permette di incominciare e di finire l'impressione della carta al momento opportuno.

3. Condizioni sperimentali. — Varie differenze di potenziale furono inserite fra i carboni B e C. Con la disposizione rappresentata nella fig. 3, attaccando un arco fra A e B e collegando per mezzo di un interruttore I l'anodo A col carbone C, si realizzava all'atto dell'adescamento una differenza di potenziale fra C e B uguale a quella che esisteva fra A e B, ossia di circa 40 volta; l'arco CB in tal caso poteva avviarsi soltanto se B era più vicino a C che non ad A; inoltre, se si stabiliva l'arco CB si spegneva l'arco AB. La tensione di circa 70 volta fu realizzata con una bat-

teria di accumulatori. Infine disponevo della conduttura stradale continua a 110 e a 220 volta. Ho poi inserito diverse capacità in derivazione su B e C; esse erano del tipo Siemens, da 0,5, 1 e 2 Mkf. Ne disponevo tante da avere in totale 20 Mkf.

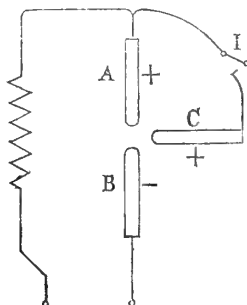



Fig. 3.

4. Aspetto dell'arco all'inizio. — Osserviamo un arco nell'atto in cui si adesca fra elettrodi di carbone e senza capacità. In principio esso si presenta come un esile tratto luminoso disteso fra gli elettrodi. Assai splendente verso il carbone positivo, questo tratto si attacca sopra una stretta regione dell'anodo dotata di viva incandescenza.

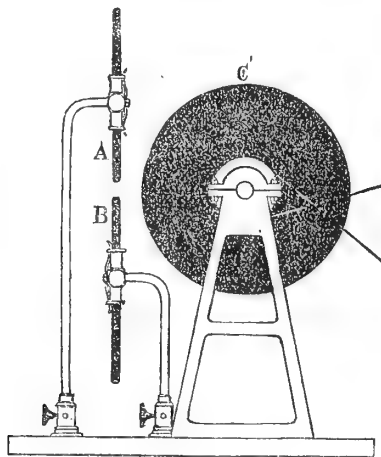



Fig. 4.

Quando il carbone C è orizzontale il punto di innesto si trova d'ordinario sulla sua parete laterale e varia spostandosi rapidamente da un luogo all'altro, finchè si ferma sulla fronte del carbone. Allora la regione incandescente si allarga insieme con la colonna luminosa e l'arco assume l'aspetto che poi rimane definitivo.

La figura *a* (tavola) riproduce le varie fasi di un arco che si adesca col dispositivo della fig. 1, con 70 volta e senza condensatore: in queste condizioni sembra che si verifichi un processo analogo a quello della scintilla, almeno in quanto si riferisce al carattere esplosivo del fenomeno. Riferendoci a questo particolare, chiameremo d'ora in poi questa fase *processo esplosivo iniziale.*

Certo esso avviene in condizioni diverse dal processo che ha sede nell'arco già avviato; e questa conclusione è conforme a quella che io ho dedotta già per altra via [1], quando ho osservato che lo spettro emesso dal gas presso l'anodo è di righe finchè l'arco non è definitivamente stabilito, e poi diventa di bande.

Nella fotografia *a* (tavola) l'arco nello stato di regime permanente appare dalla 13ª immagine in poi a cominciare dall'alto; esso presenta una larga base anodica che manca nella precedente fase esplosiva in cui l'arco si mostra come un festone mobile terminato all'anodo quasi in un punto. Cosicchè vien fatto di pensare che un arco permanente possa esistere solo quando una larga base anodica sia preparata portando ad una temperatura convenientemente alta il carbone positivo. Se ciò fosse, il processo esplosivo servirebbe a preparare questa condizione di cose e durerebbe finchè essa non è stabilita.

A conforto di questo modo di vedere serva la seguente esperienza. Al carbone C nel sistema di adescamento da me adottato ho sostituito un disco C′ di carbone, disposto come è indicato nella fig. 4 e girevole intorno ad un asse passante per il centro. Una volta stabilito l'arco ausiliario fra A e B, si adescherà un arco fra il catodo B e la periferia del disco C′ quando una conveniente differenza di potenziale sarà stabilita fra B e C′. Ora se il disco è fermo si ottiene fra B e C un arco permanente; ma se C ruota in modo che non abbia tempo di riscaldarsi, l'arco BC conserva il carattere esplosivo della fase iniziale ed emette sempre anche all'anodo lo spettro di righe. Dunque se l'anodo non è ad alta temperatura l'arco permanente non si stabilisce.

Osserviamo ancora che la serie di scariche realizzatasi coll'anodo C′ girante si mantiene anche per distanze considerevoli finchè esiste l'arco ausiliario AB ma cessa all'interrompersi di questo, almeno finchè la distanza fra B e C non è assai piccola. Questo significa che in generale il processo esplosivo iniziale non si mantiene da solo, non è autonomo; e anche per questo esso si distingue da quella fase del fenomeno che costituisce l'arco avviato; perciò sarà naturale designare quest'ultima come *arco autonomo* o *fase autonoma.*

Allora dal fatto che con l'anodo girevole (freddo) non si ha che il processo esplosivo iniziale si può dedurre la seguente legge: *perchè l'arco possa stabilirsi e mantenersi fra carboni è necessario che, oltre al catodo, sia rovente anche l'anodo. L'alta temperatura del catodo, ritenuta fin qui unica condizione per l'esistenza dell'arco, dà origine direttamente alla fase esplosiva, non alla fase autonoma; la quale può mancare se le condizioni del sistema sono tali da non permettere alla prima fase di stabilire le circostanze in cui la seconda può esistere.*

[1] Nuovo Cimento, *19*, 314, 1910.

La conclusione precedente può sembrare contraddetta dal fatto che si può mantenere un arco con un anodo di sostanza volatile a bassa temperatura, per esempio il mercurio o una soluzione elettrolitica; ma ho già esplicitamente detto che la legge, almeno nella forma in cui è stata enunciata, vale per l'arco fra carboni e non per l'arco con l'anodo volatile.

Per quest'ultimo avanti di porre il problema che ci occupa bisognerebbe conoscere in quali condizioni si trova la sua superficie quando su di essa si imposta una colonna che ha una temperatura di qualche migliaio di gradi. Tuttavia è probabile che la condizione di esistenza dell'arco propriamente detto dipenda dalla natura dell'anodo e che per verificarla occorra un'alta temperatura nel caso del carbone, mentre per altre sostanze può bastare una temperatura poco elevata.

Un'opinione non rigorosamente fondata sull'esperienza ma pure diffusa ritiene che l'anodo di carbone sia alla temperatura della ebullizione di questo. Sarebbe interessante verificare se in ogni caso l'anodo è in condizioni di reggere un arco autonomo quando ha raggiunto la sua temperatura di ebullizione.

5. Adescamento con anodo caldo. — Ma in opportune circostanze può mancare del tutto il processo iniziale dell'arco e questo allora si stabilisce direttamente nella sua fase autonoma. Basta per questo che l'adescamento dell'arco avvenga subito dopo averne spento uno preesistente in modo che siano ancora roventi gli elettrodi. In tal caso la riaccensione non presenta nessun carattere esplosivo; il fenomeno avviene quietamente senza quel processo introduttorio che serve ad aprire la via all'arco autonomo quando l'anodo è freddo.

Ho poi osservato altrove [1] che l'adescamento con anodo caldo non dà mai origine a spettro di righe presso l'anodo, ma ad uno spettro di bande uguale fin dal principio a quello che si osserva nell'arco avviato; e ciò conferma la mancanza della fase esplosiva nell'arco adescato in queste circostanze.

Questo comportamento, del resto, riesce naturale se si ricorda la condizione di esistenza dell'arco autonomo; infatti, se l'anodo è già caldo non c'è bisogno di quel processo iniziale esplosivo la cui funzione consisterebbe precisamente nel riscaldare l'anodo stesso.

6. Propagazione della luminosità nell'arco. — Le fotografie *b*, *c* (tavola) rappresentano le successive fasi di archi adescati con anodo caldo e con una differenza di potenziale di 70 volta. Nelle diverse immagini appare un ciuffo luminoso attaccato all'anodo ed esteso verso il catodo sempre più di mano in mano che si procede verso la parte inferiore della fotografia, ossia di mano in mano che si considerano immagini più lontane dall'istante di adescamento. Ciò vuol dire che la luminosità si propaga dal positivo al negativo.

Il Villard ha ottenuto lo stesso risultato in un arco alternato: la luminosità in ogni mezzo periodo si propaga dal positivo al negativo. Osserviamo che nell'arco alternato gli elettrodi sono caldi necessariamente, e l'adescamento avviene nelle circo-

[1] Nuovo Cimento, *19*, 316, 1910.

stanze realizzate con l'accendere un arco subito dopo averne spento uno preesistente. Il Villard da questo fatto ha creduto di poter dedurre che nell'arco la scarica si propaga dal positivo al negativo; ma su questo punto vedremo più tardi che cosa suggerisce l'osservazione.

La fig. *d* (tavola) riproduce le diverse fasi di un arco adescato con anodo caldo quando la differenza di potenziale fra gli elettrodi è di 220 volta. Sostanzialmente si verifica lo stesso fenomeno osservato quando la differenza di potenziale è di 70 volta; ancora i fenomeni luminosi si propagano dall'anodo al catodo, ma la velocità di propagazione è assai maggiore quando la differenza di potenziale è di 220 volta. Per avere una idea di questa velocità dalle fotografie bisogna sapere che in quelle riprodotte in *b*, *c* l'intervallo di tempo che intercede fra due immagini consecutive è di $^1/_{44}$ di secondo: invece nella fig. *d* le immagini si susseguono con un intervallo di $^1/_{224}$ di secondo.

7. Adescamento con una capacità in derivazione. — Quando una grossa capacità è inserita in derivazione sugli elettrodi l'adescamento dell'arco è accompagnato da un colpo secco quasi come quello della scintilla di scarica di un condensatore.

Se l'adescamento è fatto con anodo freddo il fenomeno si presenta come nella fig. *f* (tavola) che riproduce la cinematografia di un arco adescato con 220 volta e con una capacità di 20 Mkf. in derivazione. Il processo esplosivo iniziale (riprodotto nella seconda e nella terza immagine) è nettamente separato dalla fase autonoma (che incomincia alla 5ª immagine) da un intervallo di tempo in cui l'arco appare poco luminoso. Tuttavia tale processo non dura quanto nell'adescamento senza condensatore e non dà luogo a quella mutabile successione di archi, o meglio di scariche, che si vede nella fig. *a*. Si capisce del resto che la grande massa elettrica messa in gioco nell'adescamento con condensatore possa stabilire le condizioni di esistenza dell'arco autonomo con una sola scarica.

Se poi l'adescamento è fatto con anodo caldo allora l'arco si stabilisce sempre direttamente nella sua fase autonoma senza passare per il periodo iniziale. Con 20 Mkf. e con 220 volta si ha l'arco rappresentato nella fig. *g*.

8. La propagazione della scarica nell'arco. — A questo punto si può constatare che la scarica non si inizia all'anodo come si sarebbe tentati di credere dall'iniziarsi e dal procedere della luminosità. Infatti esaminiamo le fotografie *e*, *i* che rappresentano le diverse fasi dell'adescamento ottenuto con catodo caldo con 110 volta e con 6 Mkf. in derivazione sugli elettrodi.

La viva luminosità che si propaga dall'anodo al catodo incomincia alla 6ª immagine tanto nella *e* quanto nella *i*. Eppure la scarica è sicuramente incominciata fin dalla 4ª immagine nella *e* e fin dalla 3ª nella *i*. Per convincersene basta osservare l'aspetto del catodo che è luminoso sopra una larga regione quando l'arco laterale è iniziato, mentre si distingue appena quando l'adescamento non è ancora avvenuto. Inoltre una debole luminosità che parte dal catodo si vede chiaramente nella *e* a cominciare dalla 4ª immagine, nella *i* a cominciare dalla 3ª; e la lun-

ghezza crescente che di questa luminosità si osserva procedendo verso il basso sta ad indicare che essa si propaga dal negativo al positivo.

Dunque la scarica incomincia al catodo dal quale partono i centri negativi iniziatori del fenomeno. In condizioni ordinarie essa in principio non è accompagnata da fenomeni luminosi e procede oscura finchè non ha raggiunto l'anodo. Con una capacità in derivazione si rende visibile anche questa prima parte della scarica.

Questa luminosità manca nella fig. *f* e in generale in tutti gli archi adescati con capacità troppo grandi. In questo caso i fenomeni luminosi si stabiliscono forse con tale rapidità che non è possibile osservarli.

9. Isolamento del processo iniziale dell'arco. — Usando la disposizione rappresentata nella figura 3 è possibile isolare la prima fase dell'arco, e ciò può servire alla più comoda osservazione dei fenomeni iniziali.

Con la disposizione suddetta, dopo aver stabilito l'arco ausiliario si ha l'adescamento di B C soltanto se C è abbastanza vicino a B. E quando si accende B C l'arco ausiliario A B si spegne. L'arco ausiliario si riaccende quando s'interrompe la comunicazione fra A e C. Se poi C è lontano da B allora la chiusura dell'interruttore I non determina l'accensione dell'arco B e quindi l'arco ausiliario A B continua indisturbato.

Un fenomeno notevole succede quando la distanza C B è presso a poco uguale alla distanza B A. Allora la chiusura di I determina un principio di adescamento dell'arco C B che si rivela con un piccolo colpo e in una fugace luminosità fra gli elettrodi. Ma l'arco definitivo non si stabilisce.

In tali circostanze la prima scarica elimina le condizioni che l'hanno prodotta, sì che il processo di adescamento si trova sospeso prima che abbia potuto rendere possibile l'autonoma continuazione del fenomeno. Forse quella fugace luminosità è dovuta a un gruppo di centri negativi che si trovano fuori dell'asse dell'arco ausiliario e che, essendo poco sensibili alla sollecitazione di questo, sono proiettati sull'anodo appena si stabilisce il campo fra C e B. Tale gruppo di centri sarebbe in seguito ricostituito alla spicciolata se il campo fra C e B non esistesse. Con la presenza di questo campo i centri negativi vengono assorbiti di mano in mano che si allontanano dall'asse dell'arco A B e così isolati non sono capaci di riscaldare l'anodo.

Così l'arco autonomo si trova iniziato dal primo gruppo; ma non essendo realizzate completamente le condizioni di esistenza il processo si trova ridotto alle prime manifestazioni luminose. Questa scarica isolata è fotograficamente riprodotta nella fig. *h* (tavola).

Osservando con lo spettroscopio la luce emessa nelle circostanze specificate qui sopra dal gas aderente all'anodo si vede un lampeggiamento di righe. E ciò costituisce una prova che il fenomeno isolato con l'esperienza descritta sia il processo che fa la strada all'arco autonomo, giacchè di tale processo ha la caratteristica principale.

Sempre con la disposizione della figura 3 si può indagare, senza far uso della impressione fotografica, il senso dei fenomeni luminosi nell'arco adescato con anodo caldo. Per questo, dopo aver adescato l'arco C B col chiudere l'interruttore I e col

tenere vicini gli elettrodi B e C, si aspetta che l'anodo C bruciandosi sia allontanato da B più che da B stesso non disti A. Allora, interrompendo il circuito in I, l'arco si spegne in C B e si stabilisce in A B, dove esso rimane anche se, subito dopo aver aperto l'interruttore, lo si richiude.

Però in questo caso si osserva un fugace arroventamento dell'anodo soltanto, senza che il gas riveli luminosità alcuna; l'impressione all'occhio è quella di una macchia luminosa che si allarghi sulla fronte del carbone e che dopo aver raggiunto una certa intensità si spenga rapidamente.

Così, senza bisogno di fotografare le varie fasi dell'arco, troviamo che nell'adescamento con anodo caldo e senza capacità le prime manifestazioni luminose avvengono all'elettrodo positivo.

10. La registrazione fotografica continua. — La registrazione cinematografica non si presta all'esame di tutte le particolarità di un fenomeno. Se con essa si vogliono immagini nette si deve poter considerare la pellicola sensibile come ferma nell'intervallo di tempo che dura la posa di un'immagine. Conseguentemente la velocità della pellicola deve essere assai limitata e quindi con tale metodo non si riesce a scindere le varie parti di un processo rapido.

Il fenomeno esplosivo iniziale dell'arco è appunto tanto rapido da non essere analizzato nell'impressione intermittente. Per esso ho voluto sperimentare la registrazione continua sulla carta sensibile con lo stesso dispositivo che ho descritto qui sopra, salvo la soppressione del disco di zinco munito di fori. In queste condizioni il cilindro può rotare con qualunque velocità, giacchè su di esso si deve osservare, non più l'immagine dell'arco, ma la posizione della luminosità del gas ai diversi istanti.

Naturalmente con tal metodo l'arco deve essere parallelo all'asse del cilindro rotante. Per escludere la luce data dall'arco ausiliario e quella dell'elettrodo C ho disposto opportunamente un diaframma davanti all'otturatore.

11. Propagazione della luminosità nella fase esplosiva. — Delle fotografie eseguite con la registrazione continua, quelle di archi adescati su anodo freddo e senza condensatore in derivazione si interpretano male per l'irregolarità con la quale il processo esplosivo si compie. In molte prove sembra che la luminosità si propaghi dal positivo al negativo, in altre si direbbe che la striscia luminosa si origina contemporaneamente in tutta la sua lunghezza. Quindi inclino a credere che nella fase esplosiva l'arco sia sede di un complesso fenomeno che varia con le circostanze in modo casuale.

Un risultato ben deciso si ottiene esaminando la fase esplosiva di un arco adescato con una capacità in derivazione sugli elettrodi. I fenomeni luminosi si rivelano con un tratto che nella fotografia appare sempre piegato in modo da indicare che esso si inizia all'elettrodo negativo e si propaga rapidamente verso l'anodo. Le fig. *l*, *m* (tavola) mostrano questo comportamento, giacchè, tenuto conto del movimento della pellicola sensibile, la luce vicina all'anodo appare emessa più tardi di quella presso il catodo.

In questo fatto vedo un argomento di più per ritenere che la scarica incomincia sempre dall'elettrodo negativo; però mentre si propaga verso l'anodo essa non è visibile se in derivazione sugli elettrodi non è posta una conveniente capacità.

12. La luminosità nell'arco fischiante. — La registrazione fotografica continua permette di studiare con facilità quel periodo in cui l'arco emette il sibilo suo caratteristico. La signora Ayrton ha dimostrato già che durante questo sibilo l'arco è intermittente. Facendo la registrazione fotografica dell'arco in queste condizioni si vede che anche la luminosità è interrotta. Se non si prendono particolari precauzioni tali pulsazioni di luminosità si mostrano sulla carta circonfuse dalla luce che si mantiene fra gli elettrodi anche durante l'interruzione.

Per rendere nette le fotografie ho disposto sul rullo la carta a rovescio in modo che la parte sensibile non fosse rivolta verso l'esterno. La luce fissa, più debole, rimaneva allora assorbita dalla carta e solo la luce interrotta, più intensa, giungeva a impressionare l'emulsione.

La figura *n* (tavola) mostra una fotografia ottenuta in queste condizioni: la luce ad ogni impulso si propaga dal positivo al negativo come nell'adescamento con anodo caldo e senza condensatore.

13. Conclusioni. — Da quanto precede credo di poter stabilire le seguenti conclusioni:

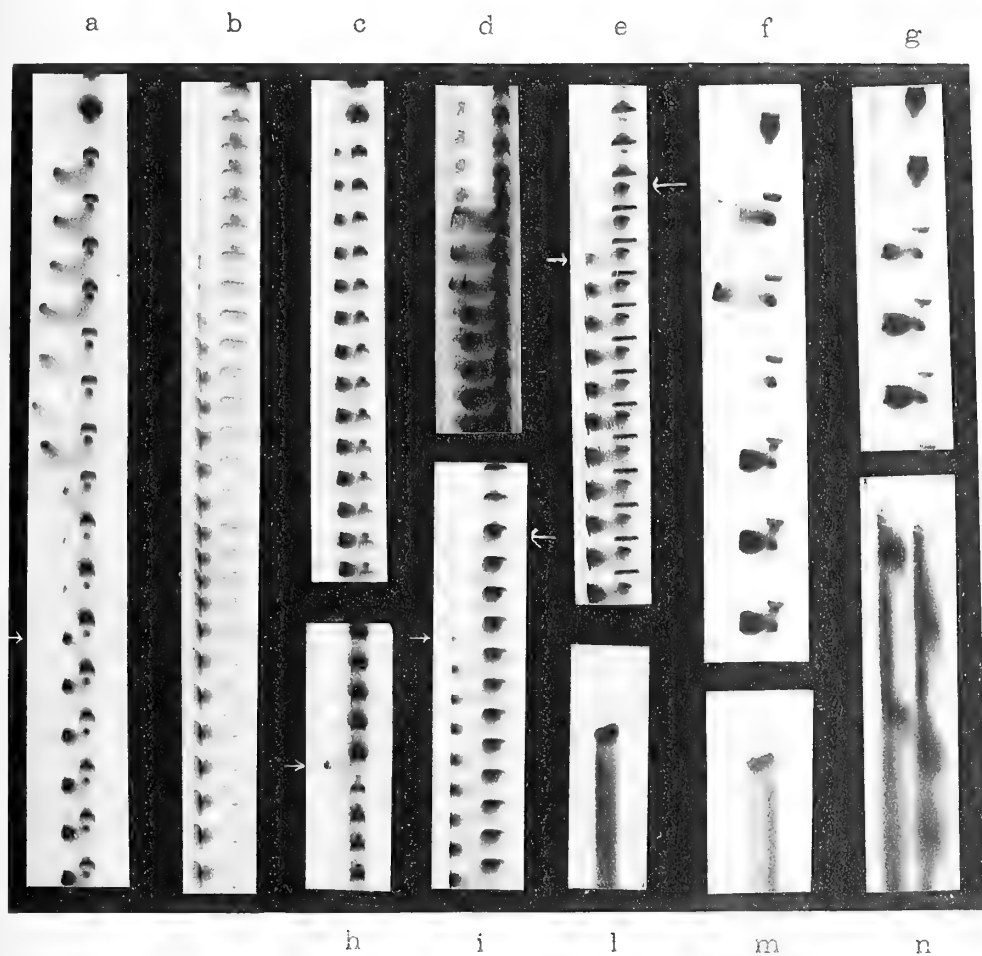
1°. All'atto dell'adescamento l'arco fra carboni è sede di due processi successivi, dei quali il primo ha il carattere esplosivo della scintilla ed è accompagnato dall'emissione di uno spettro a righe, l'altro costituisce il fenomeno autonomo dell'arco propriamente detto ed è accompagnato dall'emissione di uno spettro a bande.

2°. La funzione del processo esplosivo dell'arco consiste nel preparare le condizioni perchè l'arco autonomo possa esistere.

3°. La condizione di esistenza dell'arco autonomo sta nella elevata temperatura dei due elettrodi, mentre solo l'alta temperatura del catodo è condizione necessaria per l'iniziarsi del processo esplosivo.

4°. Il processo esplosivo iniziale manca quando l'arco viene adescato con anodo caldo, ossia quando il suo verificarsi sarebbe superfluo.

5°. Con anodo caldo e senza capacità i fenomeni luminosi si propagano dal positivo al negativo. Essi però sono preceduti da una scarica che procede dal negativo al positivo e che diventa visibile se una capacità di qualche Mkf è posta in derivazione sugli elettrodi.

Istituto Fisico di Pisa, gennaio 1911.

N. B. In tutte le fotografie l' anodo si trova a sinistra;
a destra si vede l' arco ausiliario.

Fotot. Danesi - Roma

RELAZIONE

letta dal Corrispondente VIOLA, a nome anche del Socio STRUEVER, nella seduta del 7 maggio 1911, sulla Memoria del dott. G. PONTE, avente per titolo: *Studî sull'eruzione etnea del 1910* (1).

La Memoria del Ponte si divide in dieci capitoli. Nel primo capitolo l'autore fa la storia delle più recenti eruzioni etnee, dal 1879 al 1908, dimostrando che la lava si è effusa incominciando da livelli inferiori e progredendo a livelli superiori lungo una fenditura meridiana.

La descrizione dei fenomeni eruttivi del 1910, così nella fase esplosiva come nella fase emissiva, si trova esposta nei capitoli secondo, terzo e quarto; ed è perciò un importante contributo alla storia delle eruzioni etnee.

L'autore fa pregevoli considerazioni nel capitolo quinto, che riguarda il meccanismo dell'apparecchio interno eruttivo, e passa quindi nel capitolo sesto a descrivere minutamente gli apparecchi esterni, che si formarono successivamente durante l'eruzione e fino all'estinzione completa dell'attività vulcanica. Nel capitolo settimo l'autore si diffonde opportunamente più che nei capitoli precedenti sul movimento della corrente laviva e sull'estensione delle colate.

I risultati dell'analisi chimica e microscopica della lava del 1910 sono esposti nel capitolo ottavo dove l'autore trova utile di confrontarli con i caratteri chimici e microscopici delle lave emesse nelle più recenti eruzioni etnee, di cui egli si occupa nel primo capitolo. Da questi confronti l'autore trae l'importante conclusione che la lava dell'Etna emessa dal 1883 al 1910 non subì variazione sensibile.

Per completare il lavoro, l'autore si occupa nei capitoli nono, decimo e undecimo delle dejezioni frammentarie, degli inclusi e delle esalazioni, fenomeni importanti per la interpretazione dell'attività vulcanica, come già varî autori, e specialmente Lacroix e Brun misero in evidenza.

Benchè esistano pubblicazioni relative all'eruzione etnea del 1910, come quelle pregevoli del Riccò e del Sabatini, la presente Memoria ha tuttavia un'importanza notevole pei fatti nuovi che ne emergono, per il contributo che porta alla conoscenza

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Mineralogia e Vulcanologia dell'Università di Catania.

completa di tutti i prodotti eruttivi compresi gli inclusi e le esalazioni, e per le osservazioni minute di tutti i fenomeni accompagnanti l'attività vulcanica. La presente Memoria aumenta poi di valore con le bellissime e interessanti fotografie annesse illustranti i fenomeni eruttivi e gli apparecchi vulcanici.

L'autore ha saputo compendiare in modo esauriente tutta la serie di osservazioni ed esperienze in una Memoria relativamente breve; e la Commissione è perciò di parere che il lavoro di G. Ponte sia inserito in esteso nelle Memorie dell'Accademia.

Studî sulla eruzione etnea del 1910.

Memoria del dott. G. PONTE.

(con otto tavole).

Le più recenti eruzioni dell' Etna.

Poche sono le eruzioni storiche dell'Etna che hanno dato emissioni di lava dal cratere centrale; per lo più il grande vulcano dopo scosso da movimenti sismici più o meno intensi viene squarciato nei suoi fianchi da fenditure radiali, talvolta lunghe parecchi chilometri, alla cui parte inferiore generalmente s' impianta l'apparato eruttivo.

Una delle fenditure radiali più estese fu quella del 1879: il vulcano fu squarciato dalla metà del monte fino alla cima, dando emissione di lava tanto sul versante settentrionale quanto su quello meridionale.

La successiva eruzione del 1883 determinò una fenditura lunga circa 13 chilometri, che secondo il Silvestri [1] sembra sia stata una continuazione di quella del 1879; essa incominciò ad aprirsi dal cratere centrale dirigendosi a sud lungo lo stesso meridiano fino al piano della Renatura al di sopra del monticello Segreta. L'apparato eruttivo s' impiantò un chilometro ad est del Monte Rinazzi a 1050 metri sul livello del mare e diede pochissima lava, ma violente esplosioni precedute da forti movimenti del suolo.

Tre anni dopo, nel 1886, sulla stessa fenditura due chilometri e mezzo più in su, a 1540 metri sul livello del mare, dopo una formidabile esplosione di vapori misti a cenere dal cratere centrale, e dopo leggere scosse di terremoto, si aprì tra il Monte Nero ed il Monte Piniteddu una nuova bocca, la quale emise, durante venti giorni, una ingente quantità di lava, occupando una superficie di circa km.^{2} 5,5 e minacciando il paese di Nicolosi fino alle porte.

Con l'intervallo di sei anni, nel 1892, una nuova eruzione scoppiò sul versante meridionale del vulcano; essa ebbe inizio, come quella del 1886, con una formidabile esplosione al cratere centrale e con una colonna di vapori misti a lapilli, cenere ed

[1] O. Silvestri, *Sulla esplosione etnea del 22 marzo 1883.* Atti Acc. Gioenia di Catania, ser. III, tomo XVII, pag. 343.

altre particelle solide, che s'innalzarono a smisurata altezza, assumendo la caratteristica forma del pino vulcanico. L'apparato eruttivo s'impiantò sotto la Montagnola a 1800 metri sul livello del mare, sempre lungo la stessa fenditura radiale apertasi nel 1883. Durante questa eruzione, la quale durò circa sei mesi, la massa lavica emessa superò quella del 1886. La corrente era molto larga: dapprima si avanzò con un fronte di circa due chilometri circondando i crateri del 1886 e poi quelli del 1883, ove, ristretto il suo corso, andò a fermarsi tra il monte Nocilla ed il monticello Segreta, dopo un percorso di circa sette chilometri.

Queste quattro eruzioni, avvenute lungo il medesimo meridiano e succedutesi in ordine d'altezza sul livello del mare (quelle del versante nordico durante un solo periodo eruttivo, quelle del versante meridionale in tre eruzioni successive) mostrano che il magma lavico si sia sollevato dal profondo focolare dell'Etna sempre lungo la stessa direzione, ed abbia con i suoi potenti conati, dapprima squarciato gli strati del vulcano fino alla superficie, aprendo un facile passaggio alle lave che si son succedute e che man mano hanno chiuso dal basso in alto la grande fenditura. Risaldati gli squarciati fianchi del monte nel versante settentrionale fino alla cima ed in quello meridionale fino all'altezza dei crateri del 1892, una nuova intrusione di magma attraverso la stessa fenditura non poteva trovare altro sfogo che ad una maggiore altezza e precisamente in quel tratto compreso tra il cratere centrale ed i crateri del 1892.

Dopo la grande eruzione del 1892, non si ebbe una lunga quiete, ma delle continue recrudescenze, le quali mostravano come il magma fosse in continuo ribollimento, tanto che successivamente nel 1893 (1), nel 1899 (2) e nel 1906 (3) si ebbero esplosioni vulcaniane dal cratere centrale.

Il magma lavico ascendente trovando tutte le fenditure chiuse dalle precedenti intrusioni innalzavasi a maggiore altezza, mostrando con le esplosioni del cratere centrale le continue fluttuazioni della grande colonna lavica, finchè nell'aprile del 1908 scoppiò una nuova eruzione sulla cresta settentrionale della Valle del Bove (4). Deboli boati, leggiere scosse di terremoto ed un enorme pino di vapori e cenere (tav. I, fig. 1) le cui volute si svolgevano sincronamente a quelle pur esse imponenti del cratere centrale, annunziarono lo scoppio dell'eruzione. Una fenditura lunga poco più di un chilometro si aprì tra la Serra Giannicola Grande e la Serra Giannicola Piccola; essa dalla quota 2500 scendeva con la pendenza di circa 30° verso sud-ovest in direzione dei crateri del 1892, ed era formata d'una serie di crateri d'esplosione e di sprofondamento imbutiformi, profondi circa 20 metri e larghi non più di 50 metri, i quali lanciarono cenere, lapilli e blocchi di lave antiche inglobate fra le scorie nuove. La

(1) A. Riccò, *Eruzione dell'Etna al 23 marzo 1910*. Boll. Acc. Gioenia di Catania, fasc. 12, maggio 1910, pag. 3.

(2) Id. Id.

(3) G. Ponte, *Sulla cenere emessa dall'Etna la sera del 5 gennaio 1906*. Boll. Acc. Gioenia di Catania, fasc. LXXXIX, pag. 19.

(4) A Riccò, *L'eruzione etnea del 29 aprile 1908*. Boll. Acc. Gioenia, fascicolo marzo-maggio 1908, pag. 10; A. Lacroix, *Sur la récente éruption de l'Etna*. Compte rendus de l'Acad. des Sciences, mai 1908, Paris, pag. 1071.

lava sgorgò dalla parte inferiore della fenditura e formò due colate, le quali, scendendo quasi parallelamente sull'erto e nudo declivio dei fianchi della Serra Giannicola Grande, vennero a riunirsi ai suoi piedi, ed in unica corrente larga da 100 a 150 metri si diressero verso sud per circa 1500 metri sulla pianura del Trifoglietto sino quasi al piede del monte Zoccolaro.

La fenditura di questa eruzione, formatasi ad una altitudine superiore a quella dell'eruzione del 1892, trovasi quasi nella stessa linea della fenditura del 1883, diverge solo un poco verso oriente probabilmente perchè il magma innalzandosi fino a 2000 metri sul livello del mare e trovando il contrafforte della Montagnola deviò verso la Serra Giannicola.

Quando dopo 24 ore gli etnicoli s'accorsero che i fuochi ai nuovi crateri erano tutti spenti, dissero che l'eruzione era abortita, perchè essi, dopo 15 anni che il vulcano rimaneva in quiete, temevano dovesse avverarsi una grande eruzione.

Da un secolo le grandi eruzioni dell'Etna si succedono intermittentemente con un intervallo che Riccò ha calcolato di circa 6 anni; ma questo lasso di tempo è assai breve rispetto alla vita del vulcano per poter predire, anche con qualche probabilità, l'epoca delle eruzioni che potranno succedersi.

Fenomeni che precedono l'eruzione del 1910.

Dopo l'eruzione del 1908, che dagli etnicoli fu considerata come il preludio d'una grande conflagrazione dell'Etna, il cratere centrale rimase molto calmo e durante l'estate e l'autunno che ne seguirono diede rare e deboli fumate ora bianche ora grigie.

Nell'inverno e nella primavera del 1909 fu più persistente il pennacchio bianco, e nell'autunno si ebbero spesso abbondanti getti di cenere che, talvolta, quando il vento dominante di NE [1] non li riversava nella valle del Bove, si sollevavano dal cratere centrale con maestose volute.

Alcune persone, le quali fecero l'ascensione dell'Etna durante questo periodo, affermano d'aver visto nell'imbrunire dei bagliori rossastri sul cratere centrale, ma ciò potrebbe essere stata l'illusione d'un fenomeno che si osserva frequentemente quando i vapori esalanti dal cratere già avvolti nella penombra del crepuscolo vengono illuminati dagli ultimi riflessi di lontano tramonto.

Tutto l'anno 1909 ed i primi mesi del 1910 trascorsero senza che alcun altro fenomeno importante si manifestasse sul vulcano, tranne qualche leggera scossa di terremoto avvertita nel suo versante orientale.

[1] G. Ponte, *Deflazione prodotta dalle sabbie vulcaniche nella valle del Bove*. Boll. Acc Gioenia di Catania, fasc. 5°, ser. 2ª, dicembre 1908.

Scoppio dell'eruzione e successione dei fenomeni tuterivi.

La mattina del 23 marzo 1910, senza che fenomeni premonitori sensibili di una certa entità si manifestassero, tranne che una serie di leggerissime scosse di terremoto registrate dagli strumenti sismici dell'Osservatorio geodinamico di Catania, l'Etna iniziava una nuova fase eruttiva.

Riccò ([1]) riferisce che dalle prime ore del 23 marzo fino alle 8^h e $^1/_2$ il grande sismometrografo dell'osservatorio di Catania (circa 20 Km. distante dalla cima dell'Etna) registrò 12 tremiti del suolo dei quali il più forte a $2^h\,55^m$ fu avvertito appena dalle persone sveglie ed in riposo dei più alti paesi etnei.

Alcuni mulattieri di Nicolosi ([2]), i quali nelle prime ore della mattina si recavano verso il M. Vetore per caricar legna narrano che a $8^h\,{}^1/_4$, quando erano arrivati ai piedi del M. Sona, nel piano della Bottara, furono scossi da forti boati, e la cima dell'Etna che prima era apparsa senza alcuna nube, venne rapidamente coperta da una colonna di fumo grigio che alzavasi dalla Volta di Girolamo a sinistra della Montagnola. Poco dopo i boati si fecero più continui, mentre una nebbia densa ed oscura fu vista scendere rapidamente dalla località sopra detta verso le pendici meridionali del M. Castellazzo. Intanto il cielo si offuscava loro intorno, e veniva giù una lieve pioggetta mista a cenere vulcanica.

Alle ore 12, quando i mulattieri ritornando con il loro carico erano arrivati vicino al M. Sona, videro in testa al piano della Bottara la lava scendere rapidamente ed invadere la proprietà del delegato Vasta di Belpasso; mentre alcuni legnaiuoli, spaventati dal tremendo scoppio della grande cisterna della Casa del Bosco completamente coperta dalla corrente infocata, credendo si fosse lì aperto un altro cratere consigliavano a tutti di fuggire.

L'allarme era rapidamente corso fra le popolazioni del versante meridionale dell'Etna e divenne panico verso l'imbrunire quando la lava comparve davanti al M. S. Leo dopo aver percorso in 10 ore circa 5 chilometri su di un pendìo medio del 16 %.

Da Catania poche persone avvertirono i boati che accompagnarono lo scoppio dell'eruzione; alcuni videro verso le $8^h\,30^m$ un alto pino di fumo grigio, il quale ben presto rimase nascosto dalla densa nebbia che offuscò tutto il monte. La sera il bagliore della lava infocata svegliò meglio l'attenzione della popolazione, che, assiepandosi nelle piazze, ammirava il meraviglioso e terribile spettacolo.

Il giorno appresso giungevano dappertutto notizie sempre più allarmanti: la lava già invadeva la fertilissima piana di S. Leo e si dirigeva verso Borrello e Belpasso.

Al terzo giorno alcuni coraggiosi, rasentando la corrente di lava la quale aveva in gran parte coperto la mulattiera che da Nicolosi portava all'Osservatorio etneo, poterono arrivare fino alle bocche dei nuovi crateri.

([1]) A. Riccò, *Eruzione dell'Etna al 23 marzo 1910*. Boll. Acc. Gioenia di Catania, fasc. 12°, ser. 2ª, pag. 4.

([2]) Sarvia Giuseppe, Sarvia Salvatore, Antonio Bruno, Antonio Rizzo mulattieri di Nicolosi e Giuseppe Mazzaglia guardia campestre della Ferrandina.

La Cantoniera meteorico-alpina che sorge a 1882 m. sul livello del mare ai piedi della Montagnola, fu trovata intatta; la lava veniva fuori da un cratere impiantato nella parte inferiore d'una fenditura lunga più di un chilometro, la quale dalle pendici meridionali del M. Castellazzo si prolungava un po' sinuosamente e con direzione prevalente N-NE fino alla Volta di Girolamo.

Allo scoppio dell'eruzione la lava era dapprima sgorgata nel punto più alto della fenditura a circa 2300 m. sul livello del mare ed aveva formato un primo rigagnolo che, scorrendo nel vallone di Volta di Girolamo, era venuto ad arrestarsi 500 m. a N-E dalla Cantoniera, ma ben presto il magma lavico incanalandosi nella fenditura aveva deviato il corso ed era venuto a sgorgare nel punto più basso a 1970 m. sul livello del mare.

Lungo la fenditura avvenivano delle poco violenti esplosioni che, spezzando gli strati superficiali del suolo, lanciavano a poca altezza i varî frammenti di rocce enallogene inglobate nella lava nuova. Una densa nebbia di vapori acidi avvolgeva tutto l'apparato dinamico lasciando appena intravedere delle voragini imbutiformi, alcune circondate da piccoli conetti di materiale detritico.

Il magma lavico, traboccando dalla parte inferiore della fenditura, formò dapprima cinque rivoli, dei quali, quelli di sinistra ben presto si arrestarono avendo il materiale detritico, accumulato intorno, circoscritto in un sol ponto i crateri emissivi impiantati circa 500 m. a N-W dalla Cantoniera meteorico-alpina.

Durante il trabocco della lava avvenivano delle esplosioni gassose che, spruzzando a brandelli il magma, formarono un basso ed ampio cono di scorie con bocca a ferro di cavallo, dentro cui, un po' eccentricamente, era andato crescendo un altro cono che, visto da oriente, aveva l'aspetto del Vesuvio con il Somma e l'Atrio del Cavallo (tav. II, fig. 1).

Cinque giorni dopo lo scoppio, quando il cono aveva assunto questa forma, la lava sgorgava da una grande bocca centrale che mandava fuori anche proiezioni di scorie e da una più piccola, di forma circolare, che si apriva sul fianco destro a pie' del monte. La lava fluiva rapidamente sull'erto pendìo con velocità diverse a secondo la pendenza del suolo, esalando abbondanti vapori biancastri anidri ed irritanti.

Il cratere rumoreggiava continuamente come una potente soffieria [1]; di tanto in tanto avvenivano degli scoppi con lancio di scorie (tav. II, fig. 4) accompagnate da bellissime volute che seguivano il ritmo delle esplosioni. Qualche volta quando dopo un momento di quiete i vapori, che si erano accumulati dentro l'imbuto craterico, venivano spinti da una nuova esplosione, si formavano degli anelli di fumo che s'innalzavano a considerevole altezza; essi eran simili a quelli che si producono con il *Luftstossapparat* di Frick che serve a dimostrare come le onde aeree si propagano più lentamente delle onde sonore [2].

Le bocche superiori diedero soltanto esplosioni stromboliane e stromboliane miste soltanto nei primi giorni dell'eruzione, in seguito restarono quali grandi sfiatatoi della enorme massa di vapori che si sprigionava dalla lava, mentre percorreva tutta

[1] G. Recupero, descrivendo l'eruzione del 1766, fa cenno di tale rumore che paragona al vento fragoroso. *Storia naturale dell'Etna,* Catania, 1815, vol. II, pag. 137.

[2] Frick, Phys. Techn. I, fig. 668.

la fenditura. Così il magma arrivava alle bocche emissive assai spoglio di gas, e le esplosioni relativamente deboli mostravano una eruzione tranquilla di tipo hawaiano.

La velocità della lava, lungo tutta la colata, variava da un posto all'altro con il variare delle accidentalità del suolo, e più avanti si vedrà quanti elementi bisognerebbe tener presenti per poterne fare un calcolo anche approssimativo. Nei primi giorni dell'eruzione lo sgorgo lavico fu molto più abbondante dei successivi, e ciò si arguisce dalle larghe colate che in seguito restarono come un ampia sponda del torrente di lava, il quale, dopo il primo restringimento, si mantenne pressappoco ad uguale livello durante tutto il periodo eruttivo, se si trascurano le lievi variazioni appena apprezzabili ad occhio.

La sera del 19 aprile si notò un forte abbassamento del livello della corrente e la mattina del giorno appresso i crateri si chiudevano dopo aver dato due ultimi abbondanti trabocchi di lava di brevissima durata, uno dalla parte meridionale del nuovo monte che si riversò sulla colata principale già ferma, ma ancora infocata, l'altro dalla parte settentrionale, riempiendo la piccola depressione formatasi dietro al cratere.

Cessata l'emissione di lava continuarono per parecchi mesi ancora le esalazioni gassose ai crateri esplosivi, mentre quelli emissivi rimasero completamente inattivi il giorno dopo che cessò l'emissione di lava.

Il cratere centrale durante e dopo l'eruzione emise abbondanti vapori misti a poca cenere; la enorme massa che ne veniva fuori era densissima, e le sue volute si svolgevano più nel senso orizzontale che in quello verticale riversandosi sui fianchi del cono terminale del vulcano ai pie' del quale si diffondevano e svanivano dopo aver lasciato un deposito di cloruro ammonico, di cenere e di zolfo.

Queste esalazioni dense, frequentissime sull' Etna, furono paragonate dal Lacroix [1] alle nubi peléeane del tipo di Saint-Vincent [2], ed egli ritiene che esse siano costituite essenzialmente di vapor d'acqua e di cenere vulcanica, mentre ancora nessuna ricerca sulle esalazioni dell' Etna è stata fatta, la quale confermi una tale asserzione [3].

La fenditura.

La fenditura beante era lunga m. 1300, e si estendeva dalle pendici meridionali del Monte Castellazzo, 500 m. a NW dalla Cantoniera meteorico alpina, fino alla Volta di Girolamo, cioè tra le quote 1965 e 2335, con un dislivello di m. 370 e con pendenze molto diverse. La cartina annessa, rilevata al 10,000 pochi giorni dopo l'eruzione, mostra tutta la configurazione della fenditura, la cui direzione principale è N-NE; a tergo della medesima è riportato il profilo dei varî crateri di esplosione e di sprofondamento (tav. VII).

(1) A. Lacroix, *Nouvelle observations sur l'Etna.* Comp. rend. de l'Ac. d. Sciences, T. CXLVI, pag. 1135.

(2) A. Lacroix, *La Montagne Pelée après ses éruptions,* Paris, 1908, pag. 79.

(3) A. Brun, *Recherches sur l'exhalaison volcanique.* Genève 1911.

Tra le quote 2240 e 2300 nella località detta Tacca Albanelli si formarono delle fratture e degli smottamenti del suolo che si prolungavano verso Nord deviando pochi gradi d'arco a sinistra dalla direzione principale della fenditura. Di questi smottamenti del suolo se ne vedevano anche sul Piano del Lago ove seguivano la direzione della fenditura del 1883 fino al Monte Frumento Supino, e si succedevano parallelamente verso il ciglione della Valle del Bove confondendosi con quelle dell'eruzione del 1908. Queste fenditure si formarono allo scoppio dell'eruzione durante il più attivo parossismo dinamico, ed erano dei veri smottamenti del terreno superficiale del Piano del Lago costituito da detriti vulcanici, i quali sempre tendono a franare verso la Valle del Bove.

Meccanismo interno dell'apparato dinamico.

Dalla descrizione fatta dei fenomeni eruttivi svoltisi durante l'eruzione, deve ritenersi che la prima squarciatura del suolo si formò vicino alla Volta di Girolamo ove si ebbe la prima esplosione con l'emissione di un rigagnolo di lava; ma il magma spinto a tanta altezza trovò in quel posto un passaggio più basso fra le anfrattuosità del suolo formatisi nel 1883 ed incanalandovisi dentro agì da potente cuneo e squarciò il suolo fino alle pendici meridionali del Monte Castellazzo ove s' impiantò il cratere emissivo principale.

Il fumo che fu visto avanzarsi dal piede della Montagnola fino al Monte Castellazzo, pochi minuti dopo lo scoppio dell'eruzione, era prodotto dai vapori esalanti dal magma durante il suo avanzamento lungo la fenditura; difatti la lava traboccava dai crateri inferiori con deboli esplosioni avendo già perduto una gran parte di quei gas.

Il fatto poi che non si ebbero violente esplosioni allo scoppio dell'eruzione, conferma ancora l'ipotesi che il magma abbia seguito delle fratture preesistenti; ed in vero esso come avrebbe potuto rompere gli strati per quanto deboli del vulcano senza determinare violenti scuotimenti del suolo?

Le fenditure che quasi sempre si aprono sui fianchi dell' Etna allo scoppio delle eruzioni sono l'effetto della pressione che il magma fluido, per la tensione dei vapori in esso racchiusi e compressi, esercita sugli strati più o meno resistenti del vulcano. Più grande è lo spessore degli strati, maggiore dovrà essere la forza espansiva del magma per romperli; quando invece la lava trova una facile via attraverso fenditure preesistenti, vien fuori con una pressione minore, determinando effetti meccanici poco rilevanti, poichè i gas per sprigionarsi non dovranno vincere altra pressione tranne quella del peso della colonna lavica ascendente lungo il camino eruttivo.

L' Etna è un vulcano poligeno costituito di strati di lave abbastanza elastiche e di detriti incoerenti; la rottura d'una tale compagine per azione d' una forza continua esercitata dal magma, non può avvenire simultaneamente, perchè allora ad ogni eruzione si dovrebbero avere delle esplosioni tanto più violente quanto più spessi fos-

sero gli strati da sconvolgere. Deve invece ritenersi che il magma sollevandosi rompa successivamente gli strati del vulcano fino alla superficie ove avviene la esplosione.

Una serie di apparecchi sismici sensibilissimi disposti a corona a varie altezze intorno all' Etna e comunicanti elettricamente con un apparecchio centrale registratore, tutti in condizioni tali che non risentano le influenze estranee al vulcanismo, potrebbero dare preziose indicazioni per lo studio dei movimenti del magma nell' interno del vulcano.

Meccanismo esterno dell'apparato dinamico.

Come avanti è stato detto, allo scoppio dell'eruzione si ebbe un primo trabocco di lava dalla parte superiore della fenditura, che durò pochi minuti formando un piccolo rigagnolo ai piedi della Montagnola. Questo primo trabocco di lava fu un effetto della reazione del magma ascendente tenuto in pressione dagli strati più superficiali del vulcano. Intanto la lava aveva trovato una via ad un livello inferiore fra le anfrattuosità del suolo formatisi durante l'eruzione del 1883 ed incanalandovisi dentro ed allargandole aprì una lunga fenditura alla estremità più bassa della quale, sulle pendici meridionali del M. Castellazzo, venne a sgorgare. La bocca superiore allora si restrinse fino a chiudersi definitivamente, emettendo nell' ultimo momento un nastro di lava largo circa due metri e spesso da 20 a 30 cm. (tav. V, fig. 4).

Ai piedi del M. Castellazzo si formarono dapprima diversi rigagnoli di lava, i quali, diminuito il primo impeto della corrente, si fermarono circoscrivendo lo sgorgo in un punto che divenne la sede principale dei fenomeni eruttivi.

La lava che lungo la fenditura aveva perduto una grande parte dei vapori da essa esalanti, veniva a traboccare dai crateri inferiori piuttosto tranquillamente accompagnata da deboli esplosioni, ora continue ora intermittenti.

Le esplosioni laceravano a brandelli il magma pastoso e lo projettavano tutto intorno in modo che, in un primo tempo di breve durata si formò una diga ad anfiteatro, il cui massimo diametro era di circa 80 m. ed in un secondo tempo, spostatasi un po' a ponente l'attività esplosiva, i detriti formarono un altro cono disposto eccentricamente dentro la diga. Man mano che il nuovo monte aumentava di mole coll'accumularsi di scorie, si alzava pure il livello della bocca emissiva, tanto che negli ultimi giorni la lava si riversava in forma di meravigliosa cascata di fuoco, ingrossata a pie' del cono da una piccola colata sgorgante da una bocca rimasta aperta sul lato orientale.

La sezione catanese del Club Alpino Italiano ha voluto degnamente battezzare col nome *Recupero* questo nuovo cratere dell' Etna in onore dell' illustre vulcanologo Giuseppe Recupero [1].

[1] Giuseppe Recupero, chiamato il filosofo dell' Etna, nacque in Catania nel 1720 e visse fino al 1778 dedicando gran parte della sua vita allo studio del vulcano dei cui fenomeni fu profondo e sagace osservatore. La sua *Storia naturale generale dell'Etna* pubblicata dopo la sua morte prematura contiene le descrizioni più esatte che si hanno delle eruzioni etnee.

Il monte Recupero alla fine dell'eruzione si alzava circa 60 m. sull'antica quota 1950, sicchè la sua massima altezza sul livello del mare era di 2010 m. e la pendenza dei suoi fianchi variava dai 30 ai 50 gradi d'arco.

Il cratere, il cui bordo era a ferro di cavallo sfiancato dal lato meridionale, cioè da dove sgorgava la lava, aveva un diametro massimo di 50 m. ed una profondità di 30 m. circa. Le pareti interne del cratere verticali e le scorie omogene quasi saldate insieme di cui esso è costituito, lo avvicinano molto al tipo Hallemaumau (Kilauea) ([1]).

La bocca piccola che si apriva sul fianco destro del M. Recupero era circolare e del diametro di circa un metro; essa rimase ostruita dalla lava sgorgata nell'ultimo momento dell'eruzione.

Il M. Recupero dista 1200 m. dal cratere apertosi sotto la Volta di Girolamo allo scoppio dell'eruzione; lungo tutto questo tratto si formarono altri crateri che man mano verranno qui appresso descritti, chiamando con le lettere maiuscole dell'alfabeto italiano i crateri eruttivi, con le lettere minuscole i crateri esplosivi, con i numeri romani le voragini di sprofondamento e con i mumeri arabi le fumarole rimaste attive dopo l'eruzione (vedi cartina tav. VII).

Nella parte più alta della fenditura beante, sotto la Volta di Girolamo a 1335 m. sul livello del mare per un tratto di circa 150 m. si aprirono 5 piccoli crepacci larghi poco meno di un metro, dai quali venivano fuori vapori bianchissimi di cloruro ammonico e di anidride solforosa. Più in giù sulla quota 2300 s'impiantarono i primi due craterini larghi da 20 a 30 m. (*a* e *b*), i quali diedero lievi esplosioni stromboliane e stromboliane miste, e formarono due bassi conetti di lapilli, di scorie e di frammenti d'antiche lave.

Il primo trabocco di lava che formò la piccola colata effimera nel vallone di Volta di Girolamo avvenne tra la quota 2290 e 2260, la bocca (*A*) restò chiusa da una cresta di lava accanto alla quale si vedevano tre fumarole incrostate di sublimazioni di cloruro ammonico e di zolfo, le quali rimasero attive fin pochi giorni dopo cessata l'eruzione.

A sud di questa cresta di lava il terreno era piuttosto pianeggiante e per un tratto di circa 200 m. presentava dapprima una voragine (*I*) larga 60 m., profonda m. 20 e poi una serie di crepacci con direzione prevalente N 25° E. Durante l'eruzione questi crepacci rimasero in gran parte nascosti sotto la neve, la quale disciolta nella parte sottostante dai vapori caldi esalanti dal suolo e protetta superiormente da uno strato di cenere e lapilli, aveva formato delle grandi caverne le cui volte erano state qua e là forate dalle bombe lanciate dai vicini crateri esplosivi (tav. III, fig. 6 e 7).

La sezione catanese del Club Alpino Italiano si è voluta rammentare dell'illustre vulcanologo siciliano deponendo sul nuovo monte una lapide commemorativa in presenza delle maggiori autorità locali.

Un gruppo di studiosi aveva di propria iniziativa chiamato Monti Riccò i nuovi crateri, ma il Club Alpino non ha potuto mancare al dovere che aveva e certo in altra occasione non tralascerà di onorare anche l'illustre astronomo che dirige l'Osservatorio Etneo.

([1]) A. Brun, *Recherches sur l'exhalaison volcanique,* Genève 1911, pag. 232.

Tra le quote 2240 e 2200 erano allineati in ordine di altitudine tre crateri esplosivi (*c*, *d*, *e*) i quali diedero, specialmente nei primi giorni dell'eruzione, violente esplosioni stromboliane e stromboliane miste; i coni detritici che li circondavano erano bassissimi dal lato di ponente, invece dal lato di levante, dove la pendenza del suolo era maggiore, si ergevano da 15 fino a 30 m. sul livello del terreno circostante; le bocche erano quasi circolari ed imbutiformi, la prima (*c*) (tav. II, fig. 3) misurava 25 m. di diametro, quella di mezzo (*d*) (tav. III, fig. 3) 30 m. e l'ultima 55 m.

Ad oriente di questi crateri il suolo era tutto fratturato e riusciva facile osservarlo anche durante l'eruzione, poichè la neve che lo copriva era in gran parte disciolta.

Il cratere apertosi circa 100 m. più in giù di quello *e*, aveva tre cavità imbutiformi molto vicine fra loro (*f*, *g*, *h*), delle quali quella più a nord era un po' ellittica, larga da 50 a 60 m.; le altre due, di forma molto irregolare, misuravano da 10 a 20 m. in larghezza e circa 90 m. complessivamente in lunghezza; i coni detritici che circondavano le bocche, le quali diedero solo esplosioni stromboliane, erano riunite e formavano unico monticello che dal lato di levante era alto circa 20 m.

Due piccoli sprofondamenti (II, III) ed una grande voragine venivano dopo i crateri *f*, *g*, *h*. La grande voragine aveva tre cavità imbutiformi (IV, V, VI) un po' irregolari; era lunga circa 80 m. e larga 60 m. e limitava verso sud con un cratere (*i*) quasi circolare del diametro di 50 m. il quale diede le più violente esplosioni stromboliane miste. Intorno a questo cratere esplosivo si formò un piccolo cono di detriti ai piedi del quale si vedevano grossi blocchi di materiale enallogeno strappati dalle pareti superficiali della fenditura (tav. III, fig. 2).

Dalla quota 2130 alla quota 2000 per un tratto di circa mezzo chilometro si aprivano lungo la fenditura una serie di grandi e piccoli crateri di sprofondamento, i quali, durante tutto il periodo eruttivo, emisero poca quantità di cenere, di lapilli e di bombe, ma abbondantissime emanazioni gassose.

L'ampiezza e la configurazione di questi abissi variarono molto durante l'eruzione e varieranno ancora essendo i loro bordi soggetti a continue frane.

La fenditura beante veniva a terminare sul fianco SE del M. Castellazzo dove si apriva la bocca di un tunnel largo circa un metro, con pareti verticali e con volta circolare (tav. IV, fig. 3). Dopo l'eruzione, arrampicandosi cautamente fra la lava frammentaria che lo ingombrava in gran parte, fu possibile penetrarvi un poco.

Le pareti rivestite di lava nuova in gran parte alterata presentavano delle striature orizzontali e parallele, dovute alla corrosione esercitata dalla lava fluente; la volta era incrostata di stalattiti di solfato di soda ed in fondo comunicava per mezzo di camini cannoniformi (tav. IV, 4) con i crateri soprastanti distribuiti lungo la fenditura. Questi camini servivano da sfiatatoi ai gas mentre la lava scorreva lungo la fenditura, ed in essi si formavano le bombe nei momenti in cui il magma per un aumento di pressione vi risaliva un po' lasciandovi un tappo di materia ignea e pastosa che tosto veniva espulsa dalla tensione dei gas.

Tra la bocca del tunnel ed il M. Recupero (D) si era formata una volta di lava sulla cui cresta erano allineati 4 craterini omogenei di lava del diametro da 4 a 6 m.

i quali funzionavano da sfiatatoi ai vapori. Da uno di questi sfiatatoi (F), quasi addossato al cono del cratere emissivo principale, nell'ultimo momento dell'eruzione, venne fuori un piccolo trabocco di lava fluidissima che riempì il piccolo atrio formatosi sul fianco nord del M. Recupero.

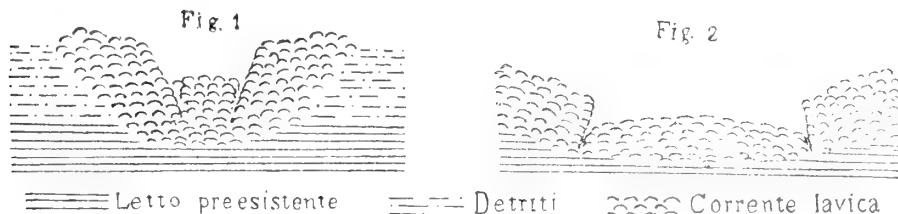
La corrente lavica.

Il magma lavico, che la mattina del 23 marzo 1910 impetuosamente proruppe dal fianco orientale squarciato del M. Castellazzo, formò diverse correnti effimere, le quali, ben presto si arrestarono, avendo la lava formato verso levante un grande alveo di cui, un primo tratto di circa 100 m. con direzione S 43° E, un tratto appresso di altri 100 m. con direzione S 22° E, ed un terzo tratto di 350 m. con direzione S 11° W; il resto della colata dalla Cantoniera fino alla Cisterna della Regina, ove si fermò definitivamente, segue in grande linea la direzione del meridiano (tav. VIII).

La corrente principale s'iniziò con un primo abbondante trabocco di lava, che formò ai suoi bordi due cordoni di materiale frammentario, molto simile alle morene laterali dei ghiacciai. Questi argini, rimasti dopo l'eruzione a testificare la primitiva larghezza della corrente, distano l'uno dall'altro 30 m. nel punto segnato con la lettera α sulla cartina al 10.000, 40 m. nel punto β e 60 m. nel punto γ.

La corrente lavica erompente dal cratere, essendo incominciata a diminuire sin dai primi giorni dopo lo scoppio dell'eruzione, invece d'abbassare il suo livello, come si osserva in un corso d'acqua, restrinse i suoi argini scavando un *cañon* nella lava ancora pastosa (tav. V, fig. 2). Questo *cañon* andò poi restringendosi ed approfondendosi verso il cratere man mano che aumentava la pendenza del cono con l'accumularsi di nuove scorie.

Esso misurato dopo l'eruzione, alla bocca del cratere era largo 2 m., nel punto α 4 m., nel punto β 10 m. e nel punto γ 25 m.

Le pareti erano, come mostrano le due sezioni, vicino alla bocca del cratere divergenti (fig. 1), nel punto β convergenti (fig. 2).

Ciò avvenne perchè sul pendio del M. Recupero la lava correva fra gli argini divergenti di scorie, mentre più in giù, dove il letto della corrente si allargava per la lieve pendenza del suolo e per mancanza di argini laterali, appena diminuì la portata della corrente si ebbe un rallentamento della velocità ai lati superficiali, che andarono consolidandosi; intanto la parte centrale della corrente, mancata la forza di

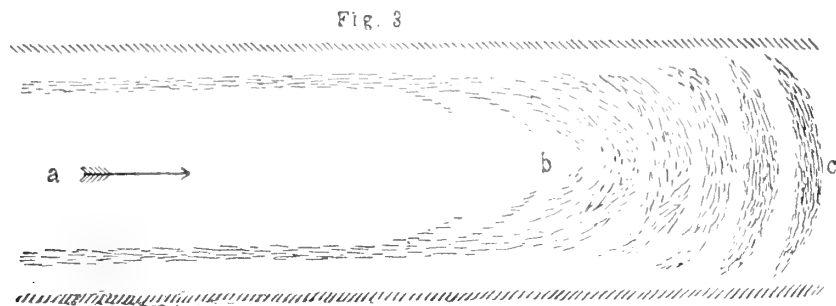
coesione che la teneva unita a quella laterale, si separò dapprima dalla parte superficiale più consolidata e poi man mano da quella interna, formando un *cañon* con pareti convergenti.

Dopo cessata l'emissione di lava quando fu possibile avvicinarsi al *cañon* di lava si poterono osservare delle striature parallele alla direzione della corrente, dovute alla corrosione che aveva esercitato la lava fluente; esse servirono a determinare in modo esatto le varie pendenze che aveva la colata in quel posto.

Appena la lava veniva fuori dal cratere si rivestiva d'una debole crosta, che formava un sacco dentro il quale la lava scorreva più rapidamente della crosta scoriacea, poichè questa essendo un corpo cattivo conduttore del calore manteneva più fluida la parte interna.

Il movimento della lava nella parte centrale della colata era più rapido che ai lati, ove l'attrito della massa fluente sulle pareti del canale determinava un notevole ritardo; ciò si osservava meglio di notte, poichè la crosta oscura che copriva la lava rovente subiva una soluzione di continuità e formava delle lacerature e rughe le quali seguivano il movimento della corrente.

Nel tratto β-γ dove la lava si muoveva lentamente per la poca pendenza del suolo, le rughe erano disposte ad embrice come mostra la fig. 3 nel tratto *b*-*c*, mentre

Fig. 3

nel tratto superiore *a*-*b*, dove il movimento della corrente era rapidissimo le rughe si rompevano disponendosi nel senso della colata in modo da formare due scie oscure, le quali spiccavano nella massa rovente della lava, come una fantastica rotaia distesa sul fuoco.

Questi fenomeni osservati sulla colata furono riprodotti in laboratorio versando, su di un piano di sabbia, avente diverse inclinazioni, del piombo fuso nel momento in cui la sua superficie incomincia a coprirsi d'una densa pellicola (fig. 4).

Durante il periodo più attivo dell'eruzione la velocità esterna della lava nel tratto α-β, ove la pendenza media del letto della corrente era di circa 25°, oscillò tra i 5 ai 7 metri al secondo.

Nel tratto β-γ per la carica determinata dalla maggiore pendenza del suolo la superficie della lava diventava molto convessa come se fosse un tubo elastico il quale si gonfia sotto la carica di un liquido che vi scorra dentro.

Se la colata lungo il suo percorso trovava un ostacolo, allora la lava si accumulava tanto da superarlo; se invece l'ostacolo era insormontabile, dentro la crosta

della colata avveniva una carica la quale ne ingrossava sempre più il fronte finchè si apriva un nuovo varco laterale; allora la lava del fronte a cul di sacco per il risucchio che ne seguiva ritornava indietro e la crosta restava vuota come una grande bolla. Le grotte di lava comunissime sull'Etna si son formate per lo più in tal modo.

Ad un chilometro dal cratere emissivo, ove la pendenza del letto della colata era di circa 8°, la lava si muoveva con la velocità di un metro al secondo, le rughe erano più grandi, appena incurvate, e si accavalcavano le une sulle altre formando delle grandi creste che, portate in deriva dalla corrente, si muovevano lente come una favolosa folla di chiocciole gigantesche.

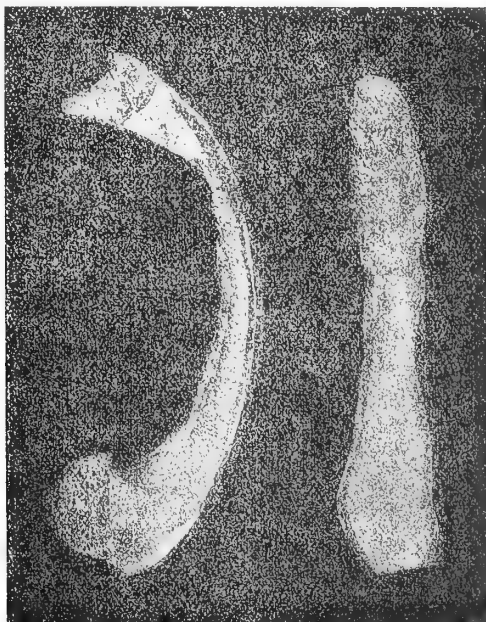



Fig. 4.

Sabatini [1] ha paragonato questi ammassi di lava trasportati dalla corrente agli *ice-berg* dei ghiacciai, ed ha proposto di chiamarli *creste in deriva.*

Nella pianura di S. Leo, a circa 5 chilometri dal cratere, ove la pendenza del suolo era di 4°,30′, la lava si muoveva con la velocità media di circa 50 m. all'ora; ivi il fronte aveva la forma di un cul di sacco e la dove era molto consolidato, progrediva con un lento staccarsi ed arrotolarsi di massi, che producevano il caratteristico rumore del carbone di legna quando viene rimosso.

Man mano che la lava si avanzava, lasciava ai lati due cordoni di materiale frammentario, come fa lo spazzaneve nelle linee ferrate (tav. V, fig. 5); queste morene di lava, che gli etnicoli chiamano *sciare,* erano tanto più grandi quanto più alta e larga ne era il fronte.

[1] V. Sabatini, *L'eruzione dell'Etna del marzo-aprile 1910.* Boll. com. geol. d'Italia. Anno 1910, fasc. I, pagg. 71, 85.

I massi frammentarî di varie dimensioni, da pochi centimetri a parecchi metri di diametro, avevano la forma sferica, e dove erano agevolati da una lieve pendenza del suolo, ruzzolavano allontanandosi molti metri dalla colata. La scorza esterna di questi massi era molto scoriacea, mentre la parte interna, specialmente dei più grossi, era compatta.

La colata lungo il suo percorso non si distese uniformemente, neanche dove minime erano le accidentalità del suolo. I fenomeni di rigurgito frequentissimi determinati non solo dagli ostacoli che fermavano il corso della lava, ma talvolta da un momentaneo aumento della portata della corrente, ne sollevavano la crosta, anche là dove essa era molto consolidata, formando delle cupole come quella che si osserva a piè del M. Sona in testa al piano della Bottara (tav. V, fig. 6 e 7).

La larghezza della corrente variava con le accidentalità del suolo; generalmente era più stretta là dove maggiore era la pendenza del suolo.

Nei primi giorni dell'eruzione la colata fiancheggiando il M. Faggi dal lato di levante, precipitava nella profonda valle che ivi si apriva, formando una meravigliosa cascata di fuoco alta 40 m. circa, la quale somigliava allo scaricamento d'una grande fornace ardente (tav. I, fig. 4). Questo fu lo spettacolo più impressionante dell'eruzione, ma non tutti i visitatori arrivarono ad osservarlo in tempo, giacchè le creste in deriva ammassandosi riempirono ben presto la valle sottostante.

Il prof. Vinassa (1) ha stimato che l'estensione totale della colata misurata dopo cessata l'eruzione fosse di mq. 5.076.000 quasi quanto quella del 1886 (2) che fu di mq. 5.940.000, mentre quella del 1892 fu di mq. 12.285.000 circa (3).

L'area di terra coltivabîle invasa dalle tre eruzioni del 1886, 1892 e 1910 complessivamente è di mq. 19.980.000, poichè la colata del 1892 coprì mq. 2.565.000 della lava del 1886, e quella del 1910 coprì mq. 756.000 della lava del 1886 e e del 1892.

Per quanto facile sia la misurazione della superficie della lava emessa, altrettanto difficile è poterne valutare il volume, perchè bisognerebbe basare le misure delle altezze sull'antico rilievo dello Stato Maggiore, non privo di grandi inesattezze. D'altro canto coloro i quali conoscono palmo a palmo quelle contrade, stimano còmpito impossibile fare un calcolo anche approssimativo del volume della recente colata lavica piena di avvallamenti ed asperità inaccessibili.

Caratteri petrografici della lava.

Le diverse lave, che si sono accumulate sino a formare il grande vulcano della Sicilia pur essendo generate da un medesimo magma, pure esse presentano delle rimarchevoli differenze d'aspetto e qualche variazione nella composizione mineralogica. Questa osservazione è stata fatta in molte lave di altri vulcani della terra e si è

(1) P. Vinassa de Regny, Boll. Acc. Gioenia di Catania, fasc. 13, 1910.

(2) A. Silvestri, *L'eruzione dell'Etna del 1886*. Atti Acc. Gioenia di Catania, vol. VI, serie 4ª.

(3) A. Riccò e S. Arcidiacono, *L'eruzione dell'Etna del 1892*. Atti Acc. Gioenia di Catania, vol. XVII, serie 4ª.

potuto apprendere che uno stesso magma sotto diverse condizioni fisiche può dare lave di composizione mineralogica e di struttura diversa.

Doelter [1] e Bergeat [2] hanno svolto con molta competenza questo importantissimo capitolo della vulcanologia destinato a portare gran luce sugli occulti fenomeni che si svolgono nell'interno della terra.

Sotto questo punto di vista giova prima conoscere se la lava recentemente emessa dall'Etna presenti lungo la colata rimarchevoli differenziazioni nella composizione chimica e mineralogica.

La tabella seguente mostra le analisi chimiche fatte dei campioni di lava staccati in varî punti della colata del 1910:

110°	Lava compatta vicino al M. Recupero	Lava compatta a 3 Km. dal M. Recupero	Lava scoriacea a 3 Km. dal M. Recupero	Lava compatta [a 9 Km. dal M. Recupero	MEDIA
SiO^2	49.215	49.198	49.086	49.102	49.150
TiO^2	1.998	1.988	1 891	1.964	1.960
Al^2O^3	18 489	18.465	18.038	18.321	18.328
Fe^2O^3	2.908	2.912	5.166	2.930	3.479
FeO	6.871	6.853	5.382	6.913	6.504
CaO	10.206	10.224	10.345	10.409	10.296
MgO	3.851	3.860	3.630	3.745	3.771
Na^2O	4.912	4.931	4.886	4.896	4.906
K^2O	1.393	1.389	1.408	1.566	1.139
P^2O^5	0.026	0.028	0.031	0.019	0.026
Cl	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
S	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
Perdita al rosso	0.085	0.078	0.096	0.062	0.080
SOMMA . . .	99.954	99.926	99.959	99.927	99.940
p. s.	2.926	2.932	2.930	2.941	2.932

Confrontando le analisi dei campioni della recente lava staccati in posto si trovano delle notevoli differenze soltanto nella percentuale del Fe^2O^3 e del FeO tra la lava compatta e quella scoriacea [3].

(1) C. Doelter, *Petrogenesis-Braunschweig*, 1906.

(2) A. Bergeat, *Betrachtungen ueber die stoffliche Inomogenität des Magmas im Erdimnern.* Mitt. d. Geogr. Gesell. München, 3 Bd., 2 Heft, 1908.

(3) La ricerca del FeO è stata fatta seguendo il metodo di Pratt (Am. Jour. Sc. (3) 48.149 (1894)) in parte modificato come segue:

I piccoli frammenti, staccati dalla lava battendo con un pezzo della stessa lava, venivano polverizzati in un mortaio d'agata per due minuti. Immediatamente si facevano due esatte pesate, una di circa 3 grammi e l'altra da 6 a 8 milligrammi. La porzione più grande, messa in un essiccatore ad acido solforico privo d'aria ed ivi tenuta per circa 3 giorni, serviva per determinare la percentuale d'acqua igroscopica perduta, per sottrarre quella dell'altra porzione che doveva servire

Mauzelius [1] ha osservato che i minerali, i quali contengono FeO polverizzati in presenza dell'aria, subiscono una sensibile ossidazione e sono stati fatti varî esperimenti per evitare l'ossidazione dei minerali durante la polverizzazione; Hillebrand [2] ha trovato che il basalte polverizzato nell'aria per 30 minuti e dell'altro polverizzato sotto l'alcool per lo stesso tempo, danno una differenza da 5 a 12 centigrammi nella percentuale del FeO e la differenza è tanto maggiore quanto più dura la polverizzazione nell'aria.

Dalle ricerche fatte sulla lava recentemente eruttata dall'Etna e riassunte nella tabella seguente, risulta che non è soltanto la prolungata polverizzazione che ha influenza sul contenuto in FeO, ma anche la durata del riscaldamento in contatto dell'aria.

Grandezza massima dei granuli messi alla prova	Condizioni della polverizzazione			Essiccamento a 110° durata ore	°/₀ Fe O
	Peso grammi	Durata minuti	Mezzo circondante		
2 mm.	2	15	alcool assoluto	compensato	6,89 , 6,91
»	2	15	aria	»	6,82 , 6,85
»	2	15	»	24	6,54 , 6,59
»	2	120	»	compensato	6, 6,68 , 6,71

Da questo quadro traspare che l'influenza del riscaldamento è maggiore di quella della polverizzazione nel contenuto in FeO della lava. E difatti la lava molto porosa e superficiale dell'ultima eruzione ha dato, dietro l'analisi, una considerevole diminuzione nel contenuto di FeO rispetto alla lava compatta.

per la determinazione del FeO. Difatti la porzione più piccola, per evitare una ulteriore ossidazione, veniva pesata con tutta l'acqua igroscopica e subito versata in un crogiuolo di platino di 80 ccm.; ivi si aggiungevano 10 ccm. d'acido solforico diluito, precedentemente bollito per scacciarne tutta l'aria, e 5 ccm. d'acido fluoridrico concentrato, avendo cura di tenere il crogiuolo in parte coperto con coperchio provvisto d'un tubolino, pur esso di platino, adducente una corrente continua di CO^2 lavata in soluzione di solfato di rame per eliminarne le eventuali tracce d'idrogeno solforato. Il tubolino adduttore del gas terminava con una paletta di platino in modo da permettere il rimestolamento del crogiuolo senza bisogno di scoprirlo. Il crogiuolo così disposto veniva messo dentro una capsula di platino sotto la quale accendeva una lampada ad alcool regolata in modo che la temperatura non fosse tanto elevata per evitare gli spruzzi della sostanza contenuta nel crogiuolo. Dopo pochi minuti, quando si comprendeva che la sostanza doveva essere completamente disgregata, si toglieva la fiamma e si versava nella capsula attorno al crogiuolo dell'acqua acidulata con H^2SO^4 freddissima. Appena il crogiuolo era raffreddato se ne versava il contenuto in una grande capsula pur essa di platino, si lavavano bene con acqua acidulata i primi due recipienti e si passava alla determinazione volumetrica del FeO rimestolando con la stessa paletta di platino unita al coperchio del crogiuolo ed al tubo adduttore dell'anidride carbonica. Le determinazioni del FeO venivano considerate esatte quando nella capsula non rimaneva alcun residuo solubile nell'acido fluoridrico.

[1] R. Mauzelius, *Sveriges Geol. Undersökning*, Arsbok, I, N. 3 (1907).

[2] W. F. Hillebrand, *Analyse d. Silikat, u. Karbonatgesteine,* Deut. Aus. Leipzig, 1910, p. 160.

Le fumarole calde della lava esalanti solo vapor d'acqua, con reazione completamente neutra, avevano tutt'intorno uno strato rossastro d'ossido di ferro; ciò prova che l'acqua ad alta temperatura è uno dei più forti agenti ossidanti della lava.

Da queste osservazioni si deduce che le variazioni del contenuto in FeO nei campioni di lava analizzati son dovute a fenomeni secondarî.

Pertanto può ritenersi che durante tutto il parossismo di questa eruzione la composizione chimica del magma venuto fuori è pressappoco costante, come potè pure constatare il Lacroix [1] in altre lave dell'Etna.

Interessa ora conoscere se sono avvenute differenziazioni nel magma contenuto nel focolare del vulcano; ciò riuscirebbe in gran parte se si avessero le analisi di tutte le lave emesse almeno nel periodo storico. Questo arduo còmpito verrà iniziato mettendo in raffronto i risultati analitici della lava in esame con quelle delle più recenti eruzioni dell'Etna.

Si è creduto opportuno rifare le analisi delle lave del 1883, 1886, 1892 e 1908, già scrupolosamente eseguite da valenti analizzatori per eliminare quelle differenze che si hanno non solo seguendo metodi analitici diversi, ma anche cambiando operatore [2].

Nella seguente tabella sono riportate le analisi dei campioni più freschi staccati in posto lungo le diverse colate:

110°	Lava del 1883	Lava del 1886	Lava del 1892	Lava del 1908	Lava del 1910
SiO^2	48.731	48.831	49.174	49.428	49.150
TiO^2	1.414	1.825	1.911	2.086	1.960
Al^2O^3	17.637	17.941	18.077	18.382	18.328
Fe^2O^3	5.347	4.833	4.320	3.048	3.479
FeO	6.606	6.551	6.604	6.721	6.504
CaO	9.165	9.945	9.715	9.742	10.296
MgO	4.881	4.015	3.900	3.625	3.771
Na^2O	4.712	4.652	4.907	5.142	4.906
K^2O	1.460	1.266	1.218	1.623	1.439
P^2O^5	0.086	0.046	0.026	0.035	0.026
Cl	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
S	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce
Perdita al rosso	0.119	0.108	0,082	0.092	0.080
Somma	100.158	100.013	99.934	99.924	99.940
p. s.	2.936	2.932	2.918	2.909	2.932

(1) A. Lacroix, *Les laves des dernières éruptions de Vulcano*, Comp. Rendus, T. CXLVII, 1908, p. 1451.

(2) Doelter, *Petrogenesis*, Braunschweig, 1906, p. 65.

Questi risultati analitici mostrano differenze minime fra le diverse lave emesse dall'Etna, il che prova che il magma in 27 anni, dal 1883 al 1910, non ha subìto alcuna notevole differenziazione chimica.

La composizione chimica di queste lave con circa il 49 °/$_0$ di SiO^2 si avvicina molto a quella delle lave di Kilauea (Hallemaumau), specialmente quest'ultima del 1910 che ne ha quasi la stessa fluidità dovuta alla ricchezza in calce.

Ha ancora interesse lo esame fisiografico della lava della recente eruzione rispetto a quella del 1883, 1886, 1892 e 1908.

Le lave delle più recenti eruzioni dell'Etna sono delle doleriti ([1]) di colore grigio assai oscuro, i cui elementi essenziali sono rappresentati da abbondanti plagioclasi e da poche augiti ed olivine disseminate in una massa fondamentale crittomera semivetrosa nella quale si vedono un po' confusi e con qualche accenno di fluttuazione dei microliti di feldspato, di augite e di olivina (tav. VI, fig. 1, 2 e 3); fra gli elementi accessori vi si trova soltanto la magnetite inclusa nei grossi cristalli e disseminata nella massa fondamentale.

Fra gli elementi porfirici, d'origine intratellurica, più sviluppati sono il plagioclasio, poi vengono l'augite ed in fine l'olivina; queste segregazioni porfiriche non presentano, rispetto alla massa fondamentale, una fase ben distinta di generazione, ma vanno rimpicciolendo gradatamente fino a confondersi con i microliti.

I grossi feldspati, di forma tabulare molto sviluppata secondo M(010), superano spesso in grandezza il $\frac{1}{2}$ mm^2, presentano abbondantissime inclusioni vetrose spesso interposte in forma dentritica fra le lamelle geminate secondo la legge dell'Albite e di Karlsbad. Rari sono i geminati semplici, predominano invece quelli polisintetici; le lamelle di questi ultimi non hanno tutte uguale sviluppo, quelle in mezzo sono spesso più grandi di quelle laterali; ne risulta così una gradinata o un contorno merlato. I cristalli limpidi hanno una ben visibile sfaldatura secondo P(001) ed M(010) e presentano spesso la struttura zonale, la quale si osserva meglio a luce ordinaria anzichè a luce polarizzata, poichè gli assi cristallografici in tutti gli strati concentrici hanno la medesima posizione. Alcune sezioni trasversali all'orlo sono tagliate a gradinata che a luce polarizzata si presenta iridata.

Non son rari gli individui che, per una serie di differenziazioni chimiche avvenute durante la cristallizzazione, risultino costituiti da zone con miscugli isomorfi diversi; in tal caso essi hanno varia estinzione a secondo gli strati, e qualora questi sono assai sottili, l'estinzione è ondulata.

La struttura zonale nei cristalli mostra che in essi l'accrescimento è proceduto ad intervalli; ogni strato rappresenta un periodo di formazione ed i varî piani indicano le intermittenze ([2]).

Facendo agire a lungo del HCl concentrato sulla sezione sottile, dopo averne allontanato il coprioggetti ed il balsamo che la ricopre, si è visto che in quei plagioclasi ove la stratificazione isomorfa (*isomorphe Schichtung* ([3]) era più marcata, ne son risul-

([1]) F. Zirkel, *Lehrbuch der Petrographie*, Leipzig, 1894, Bd. II, p. 827-915.
([2]) F. Zirkel, *Die Mikr. Besch. d. Min. u. Gesteine*, Leipzig, 1873, p. 32.
([3]) H. Rosenbusch, *Elemente der Gesteinslehre*, Stuttgart, 1901, p. 42.

tate figure di corrosione, le quali seguono il contorno delle varie zone e vanno sempre più approfondendosi verso la parte centrale del cristallo, che è sempre la prima ad essere perforata. Questa esperienza microchimica prova che la zona del feldspato più interna è più basica, ossia più ricca d'anortite.

Rari sono i feldspati che si presentano limpidi, per lo più essi sono ricchi d'inclusioni vetrose di color bruno e talvolta vi abbondano tanto da mascherare il cristallo del quale resta un esile contorno (tav. VI, fig. 4).

Qualche volta le interposizioni sono disposte perifericamente, ed in tal caso il centro del cristallo resta abbastanza limpido (tav. VI, fig. 5). Nei grossi cristalli vi si osservano spesso inclusioni di granuli di augite e di olivina.

Alcuni feldspati presentano spesso deformazioni meccaniche: per lo più fratture, rare volte pieghe, dovute probabilmente ai movimenti del magma durante il periodo effusivo. I microliti feldspatici sono, come i grossi cristalli, per lo più in laminette ed hanno poche interposizioni vetrose. Dal complesso delle reazioni e dalle misure degli angoli d'estinzione fatte, il plagioclase risulta un labrador variante tra i termini Ab_{45} An_{55} e Ab_{25} An_{75}.

L'*augite*, per lo più in grossi cristalli, taluni di mm. 2, è di color verde bottiglia, ha netti contorni cristallini e pleocroismo appena apprezzabile.

Frequentissimi sono i geminati secondo (100) (tav. VI fig. 6); talvolta fra i due individui nel piano di geminazione si vedono interposte una o più lamelle sottilissime; non di raro si trovano dei cristalli aggruppati a stelletta. La sfaldatura vi è nettissima secondo (110), appena accennata secondo (100). Non vi mancano inclusioni di magnetite e spesso anche di microliti di olivina e di feldspato.

Il fatto che si trova del feldspato incluso nell'augite e dell'augite inclusa nel feldspato fa ritenere che i due elementi si siano formati concomitantemente con prevalenza ora dell'uno ora dell'altro nella cristallizzazione.

L'*olivina* in piccoli granuli e talvolta in grossi cristalli di 1 mm., si presenta in una stessa lamina sia con contorni cristallini netti, sia con forte corrosione magmatica.

L'azione corrosiva del magma sui cristalli, è determinata dalle variazioni di temperatura e di pressione che accompagnano la cristallizzazione [1], cosicchè le olivine corrose di queste lave debbono ritenersi di prima formazione rispetto alle olivine ed agli altri elementi idiomorfi. Intanto le olivine idiomorfe non presentano mai inclusioni di augite e di feldspato; è chiaro perciò che esse si formarono prima di questi ultimi e quando il magma non aveva più alcuna azione corrosiva.

Tutte le olivine hanno marcata sfaldatura secondo (010) e presentano spesso l'accrescimento parallelo che si riconosce dal contorno iridato. Le inclusioni vetrose e gassose vi sono frequenti; poco abbondanti invece quelle di magnetite.

La *magnetite*, disseminata nella massa fondamentale ed inclusa negli elementi della lava, è in piccoli granuli ed anche in ottaedri non più grossi di $^1/_5$ di mm. Dall'analisi fatta dei granuli separati con punta d'acciaio dalla roccia polverizzata, risulta che la magnetite è titanifera.

(1) C. Doelter, *Petrogenesis*. Braunschweig, 1906, pp. 110 e 114.

La *sostanza vetrosa*, di color giallo-bruno, non è separabile meccanicamente dai microliti che essa circonda; a forte ingrandimento presenta dei cristalliti pellucidi di svariate forme.

I caratteri sopra descritti sono tutti comuni alle lave del 1883, 1886, 1892, 1908 e 1910. La lava del 1910 presenta di particolare un distacco ancora meno netto tra i feldspati di prima segregazione e quelli microlitici, e può dirsi che la cristallizzazione iniziata nel magma durante il periodo intratellurico, si sia continuata con molta concomitanza in quello effusivo.

In sezioni fatte da varî blocchi di lava non molto discosti l'uno dall'altro, si è riscontrata un'abbondanza o una quasi completa assenza di olivina; e per farsi un criterio esatto della composizione mineralogica della lava, bisogna staccare molti campioni da sezionare ed in posti diversi della colata.

Questa ineguale concentrazione è avvenuta senza dubbio nel periodo intratellurico, ed è dovuta, molto probabilmente, alla tendenza che ha l'olivina di precipitare verso la parte più profonda del magma (1), ma questa precipitazione essendo impedita da forze opposte, come la viscosità della massa ignea e da altre circostanze secondarie, si ha come effetto la formazione di parti più o meno ricche di elementi pesanti.

Un'altra osservazione merita ancora d'esser notata: la lava della parte esterna della colata vicino al cratere emissivo e lungo un tratto di circa 4 km. fino al M. Sona, ha l'aspetto un po' vetroso e le sue sezioni sottili messe a confronto con altre fatte da campioni staccati al fronte più avanzato della colata presentano maggior quantità di sostanza amorfa di color giallo-bruno. Questa meno completa cristallizzazione della massa fondamentale della lava è dovuta al rapido raffreddamento, cui fu sottoposto il magma, avendo la lava in 10 ore dallo scoppio dell'eruzione percorso sul pendio meridionale dell' Etna circa 5 chilometri.

Si può ora concludere che come le ricerche analitiche provano che il magma fluido contenuto nel serbatoio dell'Etna non ha subìto dal 1883 alcuna sensibile differenziazione chimica, così pure l'esame fisiografico delle lave più recenti prova che nessuna differenziazione isotettica è avvenuta.

Le dejezioni frammentarie.

I crateri distribuiti lungo la fenditura della recente eruzione furono sede di attività eruttive diverse dipendenti dal meccanismo dell'apparato dinamico.

Avanti è stato detto che il magma dopo un primo trabocco sotto la Volta di Girolamo, incanalandosi per più di un chilometro fra le anfrattuosità del suolo formatisi nel 1883, venne a sgorgare nella parte inferiore della fenditura. I vapori esalanti dal magma ebbero così campo di sprigionarsi lungo tutta la fenditura, formando diverse bocche di sfogo, che furono sede di esplosioni stromboliane e stromboliane miste.

Il magma lavico arrivava intanto alla parte inferiore della fenditura in gran parte spoglio di vapori e veniva fuori dalle bocche emissive accompagnato da deboli esplosioni proprie dell'attività hawaiana.

(1) Loewinson-Lessing, Congrès géol. Compte Rend. St. Petersburg, 1899, pag. 347.

I materiali proiettati dalle esplosioni stromboliane erano delle scorie e delle bombe incandescenti e pastose, le quali, cadendo, esplodevano prendendo la forma di un pane, aperto di sopra e vuoto internamente, del diametro da 20 a 50 cm.

Queste bombe si formavano, come è stato detto parlando del meccanismo esterno dell'apparato dinamico, dentro i camini esplosivi, i quali, tappati dal magma, esplodevano come un cannone per effetto della tensione dei gas rinchiusi alla loro base e lanciavano il tappo di lava foggiato a bolla; questo, cadendo, si schiacciava in forma di pane e si squarciava nella parte più debole per mandare fuori i gas rinchiusi.

Le esplosioni stromboliane miste diedero proiezioni di cenere, lapilli e bombe; queste ultime raggiungevano talvolta il diametro di un metro ed eran costituite di magma incandescente e pastoso, inglobante frammenti di lava enallogena, o di semplici blocchi di rocce strappate dalle pareti del vulcano (tav. III. fig. 2).

Questo altro tipo di bomba veniva lanciato quando il camino era tappato non solo dal magma, ma anche da frammenti di rocce franatevi dentro.

Le esplosioni hawaiane davano proiezioni di brandelli di magma che consolidato aveva aspetto bolloso, scoriaceo e spesso filamentoso.

La cenere raccolta durante l'eruzione a circa $^1/_2$ chilometro dai crateri esplosivi è di color nero; analizzata ha dato:

Perdita a 110°	0,31 %	d'acqua
» »	0,02 »	di HCl.

Sostanze solubili nell'acqua fredda;

Cloruro ammonico	0,12 %
Solfati	tracce
Cloruro sodico	tracce
Cloruro di magnesio	0,19 %
» » alluminio	
» » ferro	
Silice	tracce
Idrocarburi solubili nel cloroformio.	0,18

L'analisi globale della cenere, lavata e seccata a 110° dà

SiO^2	49.067
TiO^2	2,063
Al^2O^3	18,085
Fe^2O^3	3,410
FeO	6,554
CaO	10,386
MgO	3,681
Na^2O	5,085
K^2O	1,226
P^2O^5	0,068
S	0,034
Cl.	tracce
Perdita al rosso	0,289
	99,948

Confrontando queste analisi con quella della lava, si notano delle lievi differenze appena apprezzabili, dovute in parte alla presenza dei detriti di lave antiche ed un po' all'alterazione che la cenere deve aver subìto dentro i crateri prima di essere espulsa.

Dall'esame mineralogico, la cenere risulta composta di granuli e filamenti vetrosi spesso con iridescenze esterne, di frammenti di feldspato, d'augite e di olivina un po' intorbidati dalla sostanza vetrosa.

Da un calcolo approssimativo fatto al microscopio, risulta di

50	per cento	di sostanza vetrosa
35	"	di feldspato
8	"	di augite
5	"	di magnetite
2	"	di olivina.

La calamita separa dalla cenere circa il 7 % di particelle vetrose ricche di magnetite titanifera.

Le scorie rigettate intorno alle bocche emissive delle esplosioni hawaiane sono molto bollose e leggiere; nelle loro cavità si osservano dei filamenti vetrosi aciculari i quali sono dovuti a spruzzi di gocce di lava venuta fuori dalla parte interna della scoria, che continuando a dilatarsi, rompe l'involucro esterno vetroso più consolidato.

Queste scorie presentano delle iridescenze esterne dovute alla tempera che la scoria subisce nell'aria durante la projezione; talvolta son rivestite da uno straterello giallo-ottone o rosso-rame, che visto al microscopio si scompone in un ammasso di lamelle rosse ed esagonali di ematite.

Silvestri [1] credette che tali iridescenze fossero dovute ad un sottile strato di azoturo di ferro che sarebbe anzi arrivato a poter separare dalla scoria e a determinarne il peso specifico.

Da accurate ricerche fatte anche sullo stesso materiale studiato dal Silvestri conservato nel Museo di Mineralogia e Vulcanologia dell'Università di Catania, risulta invece che la parte esterna di queste scorie iridescenti di color grigio-acciaio trattata con acido viene in parte intaccata, dopo lunga digestione, senza alcuna separazione di NH^3; calcinata al rosso anche in corrente d'idrogeno non perde il suo splendore metallico. *Si può quindi ritenere che la sostanza descritta dal Silvestri non è azoturo di ferro.*

Polverizzando finamente le scorie in parola e calcinandole fortemente, esse lasciano svolgere una quantità evidente di ammoniaca; lo stesso avviene della lava. Può quindi affermarsi che esistono tanto nella lava compatta, quanto in quella scoriacea, degli azoturi metallici probabilmente di silicio [2], riconoscibili soltanto dallo svolgimento di NH^3, dietro arroventamento della roccia.

Circa 10 gr. di lava o di scorie dell'ultima eruzione, polverizzati finamente e messi a digerire con HCl purissimo, han dato reazione di piccole tracce di ammoniaca, può quindi ammettersi la presenza di tracce di azoturo di ferro nella lava in esame [3].

[1] O. Silvestri, *Sintesi ed analisi di un nuovo minerale dell'Etna e di origine comune nei vulcani*, pag. 304.

[2] A. Brun, loc. cit., pag. 175.

[3] A. Gautier, *Origenes de l'hydrogene atmosphérique*. Tom. CXXXI, n. 17, pp. 651 e 965.

La lamina sottile di queste scorie presenta gli stessi elementi della lava della colata, però la massa fondamentale è molto più vetrosa. Alcuni grossi cristalli di plagioclase sono tutt'intorno talmente intorbidati da una zona di inclusioni vetrose così abbondanti e piccole, da perdere il loro contorno. Questo fenomeno prova che la consolidazione del magma avvenne bruscamente in un momento in cui stava per formarsi un'altra zona d'accrescimento sul feldspato e conferma che i grossi elementi porfirici continuano ad accrescersi anche nel periodo extratellurico. Le bombe sono molto meno vetrose delle scorie; esse, come avanti è stato detto, racchiudono spesso nell'interno un frammento di lava antica, che si presenta un po' arrossato dall'azione del calore, che dovette essere poco intensa e di breve durata, giacchè il contatto col magma avvenne nel camino esplosivo. Difatti, la parte periferica di queste inclusioni enallogene in lamina sottile, nonpres enta alcuna alterazione, soltanto i grossi e limpidi cristalli di plagioclase e di augite sono tutti fratturati, specialmente secondo i piani di sfaldatura.

Da ricerche fatte da Doelter [1] sul punto di fusione della lava dell'Etna, è risultato che essa fonde facilmente dopo 18 minuti; a 870° avviene il disfacimento della roccia, a 960° l'ammollimento, e a 1010° la completa fusione. Il fatto che la lava inclusa nelle bombe non presenta alcuna di tali variazioni, può fare ricavar poco sulla temperatura del magma, perchè non si sa qual grado aveva la roccia enallogena quando venne in contatto con il magma, ed il tempo che vi rimase immersa prima del consolidamento.

Gli inclusi.

Come le lave delle precedenti eruzioni etnee, così quella del 1910 è ricca d'inclusioni enallogene strappate dalla lava dai terreni sottostanti all'Etna, attraverso i quali il magma è venuto fuori.

Questi inclusi, costituiti da frammenti angolosi di arenarie e di quarziti grossi da pochi centimetri a mezzo metro, sono molto friabili ed in parte fusi e riuniti da un vetro incolore o brunastro al contatto con la lava.

Alcuni inclusi presentano delle forme prismatiche irradianti dal centro, le quali ricordano la struttura interna dei basalti globulari di Aci-Castello e di Val di Noto [2].

Non è raro il caso di trovare fra gli inclusi delle precedenti eruzioni etnee dei frammenti di arenaria il cui cemento calcareo è trasformato in Wollastonite [3], ma fra i numerosi campioni finora raccolti lungo tutta la colata del 1910 e conservati in questo museo di Mineralogia e Vulcanologia non si è riscontrato questo minerale. Neppure è stata riscontrata la melilite che il dott. Stella Starabba [4] afferma di avere

[1] C. Doelter, *Ueber die Bestimmung der Schmelzpunkte bei Mineralien u. Gesteine.* Tsch. Min. u. Petr. Mitt., 1901, pag. 230.

[2] G. Ponte, *I basalti globulari ed i tufi palagonitici in Val di Noto.* Atti Acc. Gioenia, ser. 5, vol. III, Mem. X. Catania, 1910.

[3] A. Lacroix, *Les enclaves des Roches volcaniques.* Maçon, 1893, pag. 155.

[4] F. Stella Starrabba, *La melilite negli inclusi delle lave etnee.* Rend. dei Lincei, vol. XIX, ser. 5, 1910.

trovato nelle lave del 1883, 1886 e 1910, pur avendo fermata l'attenzione sopra un copioso materiale di queste ultime eruzioni.

Lo studio delle inclusioni enallogene che accompagnano le lave dell'Etna è di grande interesse non solo per stabilire la posizione del suo focolare vulcanico, ma anche per risolvere tanti interessanti problemi sulla natura fisico-chimica del magma.

O. Silvestri [1] si è occupato degli inclusi della lava del 1883, A. Silvestri [2] e Duparc [3] di quelli delle lave del 1886 e 1892, ma ancora occorre estendere tali ricerche alle numerose lave che rivestono tutto l'Etna per potere trarne delle esatte deduzioni.

Le esalazioni.

Il parossismo eruttivo di questa eruzione fu accompagnato da abbondantissime esalazioni, le quali, avendo avuto campo di espandersi attraverso la fenditura abbastanza estesa, rispetto alla portata del magma traboccante, si sprigionarono piuttosto lentamente, senza quella pressione che si determina quando la bocca di sfogo è piccola; difatti non fu vista, come nelle altre eruzioni dell'Etna, quella densa colonna di vapori misti a cenere che alzandosi qualche chilometro al di sopra dei crateri, in forma di pino gigantesco, desse il segnale dell'inizio d'una nuova fase eruttiva del vulcano.

Le esalazioni che venivan fuori dalla fenditura eran dense, bianche o grigie a seconda che erano accompagnate o no da cenere vulcanica; acri ed asfissianti irritavano fortemente le mucose ed era impossibile potervi stare pochi minuti vicino. L'odore più spiccato era quello dell'anidride solforosa e del HCl; quello dell'idrogeno solforato era appena percettibile. I vapori bianchi eran costituiti da cloruro ammonico e da vapor d'acqua.

Le esalazioni della lava ai crateri emissivi eran completamente anidre; irritavan poco le mucose, tanto che si poteva accostare per pochi istanti alla corrente lavica fin dove era possibile di sopportare le irradiazioni calorifere.

L'assenza del vapor d'acqua fra le esalazioni del magma era resa manifesta dalle seguenti osservazioni:

Completa mancanza di goccioline di rugiada su di un tubo di ferro tenuto fra i vapori caldi esalanti dalla lava; nettezza delle ombre proiettate sui vapori; nè aloni, nè arco baleno furono mai osservati.

Queste osservazioni indussero a pensare che il vapor d'acqua riscontrato lungo la fenditura non esalasse dal magma, ma fosse dovuto all'evaporazione dell'acqua proveniente dalla neve disciolta che, penetrando per le anfrattuosità del suolo, arrivava facilmente sulla lava calda. Di fatti le nebbie di vapor d'acqua persisterono anche

[1] O. Silvestri, *Sopra una particolare specie di quarzite semivetrosa, a struttura pomiceo-granulare contenuta nell'interno di alcune bombe projettate dall'Etna nella recente eruzione eccentrica del 22 marzo 1883.* Atti Acc. Gioenia, Catania, ser. III, tom. XVII, pag. 167.

[2] A. Silvestri, *L'eruzione dell'Etna del 1886.* Atti Acc. Gioenia di Catania, ser. 4, vol. VI.

[3] L. Duparc et L. Mrazec, *Sur quelques bombes de l'Etna provenents des éruptions de 1886 e 1892.* Arch. Sc. Phys. et Nat., 1893, vol. XXIX, n. 3.

dopo cessate le altre esalazioni, finchè non furono prosciugate tutte le acque infiltranti (vadose) intorno alla fenditura.

In una visita fatta ai nuovi crateri sei mesi dopo la eruzione, il 9 novembre 1910, furono trovate le fumarole quasi del tutto inattive, ma dopo un'abbondante pioggia caduta durante il pomeriggio e la notte susseguente, furono visti il giorno appresso esalare dai crateri delle nebbie bianchissime di vapor d'acqua. Questa è una prova molto evidente in appoggio a quanto sostiene il Brun ([1]) cioè che « la quantité d'éau évaporée sera directement proportionnelle à la quantité qu'aura le cratère de collecter les eaux pluviales ».

Il Lacroix in una sua Nota sull'eruzione etnea del 1908 ([2]) dice che una delle particolarità di quella eruzione fosse la debole intensità delle fumarole, duvuta non solo alla brevità dei fenomeni eruttivi, ma anche al fatto che il magma dell'Etna naturalmente povero di prodotti volatili si distese su di un pendio ripido, che determinò un rapido raffreddamento. È facile comprendere che in un pendio ripido la lava distendendosi facilmente si debba presto raffreddare, ma ciò non prova che il magma sia naturalmente povero di prodotti volatili. Infatti durante l'eruzione del 1908 si ebbe, rispetto alla poca lava emessa, una enorme quantità di esalazioni che formarono un pino meraviglioso alto più di 4000 metri (tav. I, fig. 1), il quale andò diminuendo solo quando dopo circa 6 ore l'emissione di lava incominciò a scemare, e anche l'indomani, quando l'eruzione era cessata, la lava esalava abbondantissimi vapori.

Quando il Lacroix venne a visitare il teatro eruttivo, molte fumarole erano inattive e le poche rimaste di molto indebolite, ma non certamente perchè il magma eruttivo fosse povero di prodotti volatili!

Sinora una misura della quantità dei diversi prodotti volatili emessi da un vulcano non è stata intrapresa; soltanto Brun ([3]) ha misurato la quantità dei gas magmatici che si svolgono dai campioni di lava, provenienti dai principali vulcani della Terra, riscaldati nel vuoto alla temperatura di fusione, ed ha trovato che la lava dell'Etna (eruzione del 1879) rispetto alle lave basaltiche di altri vulcani dà la percentuale più elevata di gas magmatici, come mostra il quadro seguente:

Gas magmatici svolti da un chilogramma di roccia.

Etna (lava del 1879) . . .	cm^3. a 0°	e 760 mm.	di mercurio	=	1583
Chinyero (Teneriffa) . . .	»	»	»	=	678
Timanfaya (Lanzarote) . .	»	»	»	=	577
Stromboli (Eolie)	»	»	»	=	522
Samoa (Sawai O. Pacifico C.)	»	»	»	=	414
Kilauea (Hawaï)	»	»	»	=	357

La lava dell'Etna secondo Brun sarebbe povera di gas magmatici soltanto in confronto a quella del Vesuvio, che ne cede 5737 $cm.^3$ per chilogramma.

Ma si potrebbe parlare in modo assoluto della ricchezza o povertà delle esalazioni di una lava se oltre alla misura dei gas sprigionantisi dai campioni trattati in

([1]) A. Brun, *Recherches sur l'exhalaison volcanique.* Paris, 1911, pag. 259.

([2]) A. Lacroix, *Sur les minéraux des fumarolles de la recente éruption de l'Etna.* Compt. Rend. Paris, 1908, pag. 161.

([3]) Loc. cit.

gabinetto si conoscesse quella dei gas svoltisi durante l'eruzione: sicchè i numeri riportati dal Brun non bastano a stabilire la ricchezza o meno delle esalazioni dei diversi centri eruttivi.

Innumerevoli erano le fumarole disseminate lungo la colata lavica; basta dire che in un tratto di circa mezzo chilometro nella pianura di S. Leo, 5 giorni dopo scoppiata l'eruzione, se ne contavano circa una ventina sulla sponda morenica di ponente.

Nei posti dove la corrente aveva minore pendenza e la lava era più accumulata, là più abbondanti erano le esalazioni; e sarebbe stato còmpito molto difficile quello di enumerare le migliaia di fumarole distribuite su tutta la colata, lunga circa 12 chilometri. Cessata l'eruzione, la maggior parte delle fumarole laterali si estinsero; ne sorsero invece altre nel centro della colata e più abbondanti là dove maggiore spessore aveva lo strato della lava.

Tutte le fumarole della colata esalavano vapori di cloruro di sodio, di cloruro ammonico e di cloruro ferrico, che condensando sull'orifizio formavano delle belle incrostazioni cristalline ora bianche, ora gialle, ora rosso arancio a seconda che prevaleva il cloruro ammonico o il cloruro ferrico.

Le fumarole rimaste attive lungo la fenditura dopo l'eruzione, e segnate nella cartina con i numeri arabi, erano molto acide; vi si notava il vapor d'acqua, l'anidride solforosa, l'acido cloridrico e tracce d'idrogeno solforato. Gli orifizi eran tapezzati da abbondanti sublimazioni di zolfo amorfo; i cloruri di ferro e d'ammonio erano in gran parte resi deliquescenti dal vapor d'acqua. Cessata l'eruzione le fumarole impiantate sul dicco lavico dietro al M. Recupero si estinsero ed i loro orifizî restarono tapezzati da sublimazioni variopinte di cloruro ammonico e di cloruro ferrico con traccie di cloruro ramico.

Cessata l'eruzione le pareti laviche del tunnel che si apriva a nord di queste fumarole, incominciarono a rivestirsi di incrostazioni di *mirabilite* (*sal mirabilis Glauberi*) la cui soluzione trasudava dalla roccia. Rari erano i cristallini definibili; si poteva però notare che essi avevano la tendenza a cristallizzare in prismi allungati secondo l'ortodiagonale. Il sale disciolto ricristallizzò in bei prismi monoclini un po' allungati e nell'acqua madre analizzata si constatarono tracce di Na Cl, di NH^4 Cl e di Fl.

L'acido solforico è molto comune fra i prodotti dei vulcani; esso è dovuto probabilmente all'azione dell'acqua e dell'aria sul SO^2 in presenza di elementi catalizzatori. Il solfato di sodio è poi un prodotto della decomposizione del cloruro sodico in presenza dell'acido solforico.

Tutti i sali trovati sia nelle fumarole lungo la fenditura, sia in quelle lungo la colata, contengono fluoruri alcalini; e basta saggiare 5 gr. di sostanza per svelarne la presenza. Il Lacroix constatò per il primo la presenza del fluoro nelle fumarole dell'eruzione etnea del 1908 [1] e sembra che esso non manchi in tutte le esalazioni delle lave dell'Etna, giacchè è stato riscontrato anche nelle sublimazioni delle diverse eruzioni etnee conservate nel Museo di Mineralogia e Vulcanologia di questa Università.

[1] Loc. cit., pag. 162.

CONCLUSIONE

L' Etna è stato sempre considerato un vulcano intermittente per le sue grandi fasi di parossismo eruttivo seguiti da una quiete più o meno lunga, non si sa ancora se reale od apparente, del magma contenuto nel suo focolare.

Certamente è di grande importanza per il vulcanismo potere stabilire quale interesse abbiano gli intervalli fra le varie eruzioni; ma le osservazioni anche di un secolo sono assai poche rispetto alle innumerevoli eruzioni avvenute sull' Etna per potere stabilire quali rapporti abbiano fra di loro tali intervalli, tenendo conto che il vulcano si è innalzato fino a m. 3274 sul livello del mare col sovrapporsi di lave su lave dall'epoca pleistocenica fino ad oggi.

Difatti le più recenti eruzioni dell' Etna del 1879, 1883, 1886, 1892, 1908 e 1910 che si son succedute con intervalli di 4, 3, 6, 16, 2 anni non possono far ricavare alcuna deduzione. D'altro canto non si sa ancora se l' intervallo tra una eruzione e l'altra debba far pensare ad una vera quiete dei fenomeni parossismici del magma dentro il focolare vulcanico, dal momento che i vapori, i quali quasi continuamente esalano dal cratere, potrebbero mostrare una incessante attività interna.

Gli studî vulcanologici nel momento attuale richiedono delle ricerche sulla quantità e sulla natura dei vapori che esalano dai vulcani anche nel periodo di apparente riposo; essi daranno grande luce sui fenomeni che si svolgono nell' interno della Terra.

La recente eruzione avvenuta sul fianco meridionale dell' Etna a circa m. 2000 sul livello del mare, lungo la stessa fenditura ove avvennero le eruzioni del 1883, 1886 e 1892 succedutesi dal basso in alto in ordine d'altezza mostra che il magma lavico continua ancora a sollevarsi sempre lungo il medesimo piano eruttivo risaldando dal basso in alto la fenditura di 13 chilometri che si aprì nel 1883 dal Cratere centrale fino al piano della Renatura.

Il magma lavico dell'eruzione del 1910 trovò attraverso la fenditura preesistente la via ben preparata e difatti venne fuori senza determinare terremoti sensibili alle persone, mentre fortissimi furono quelli del 1883 e man mano meno intensi quelli del 1886, 1892 e 1908.

La lava traboccò dapprima a m. 2250 sul livello del mare nella località detta Volta di Girolamo formando una piccola corrente effimera, che cessò appena il magma incanalandosi lungo la fenditura venne a sgorgare sulle pendici meridionali del M. Castellazzo 500 m. a NW della Cantoniera meteorico-alpina.

L'effusione lavica fu continua e durò dal 23 marzo al 19 aprile; nei primi tre giorni la portata era abbondante, andò poi diminuendo lentamente con oscillazioni appena apprezzabili ad occhio.

La lava del 1910 è una dolerite olivinica come la maggior parte delle lave etnee; la sua struttura e composizione chimica e mineralogica sono quasi identiche a quelle delle lave delle più recenti eruzioni.

Ciò fa ritenere che continua a venir fuori dal focolare vulcanico un medesimo magma che attraversando la stessa fenditura subisce identiche variazioni fisiche e chimiche.

Misure esatte della densità, della velocità e della temperatura della lava vicino alle bocche emissive sono se non impossibili certamente molto difficili, poichè una crosta più densa e meno calda riveste sempre la massa interna della colata. L'uso di pirometri a radiazione o di altri strumenti che si piazzano a distanza per determinare le temperature elevate fornirebbero delle indicazioni approssimate della sola parte esterna della colata; il pirometro a coppia termo-elettrica immerso dentro la corrente potrebbe dare delle indicazioni esatte della temperatura interna della lava, ma a difficoltà ed a pericoli non comuni s'incorrerebbe per immergere lo strumento dentro la lava fluente e molto densa esternamente.

Delle fotografie a colore fatte con lastre autocrome Lumière di notte mostrano la colorazione media arancione chiara che presentava esternamente la corrente lavica vicino al cratere. Si è detto colorazione media perchè la crosta squarciandosi continuamente mandava dei vivi bagliori che per il rapido movimento della corrente (circa 6 m. al secondo su di un pendio del 16 $^{0}/_{0}$) impressionavano uniformemente la lastra durante la posa di venti secondi con obiettivo doppio aristostigmatico Mayer 1: 6,8.

I crateri esplosivi distribuiti lungo la estesa fenditura diedero esplosioni stromboliane e stromboliane miste, di bombe, lapilli e cenere, di materiale coevo misto a blocchi allotigeni strappati dalle pareti della fenditura; i crateri emissivi impiantati nella parte inferiore della fenditura diedero deboli esplosioni hawaiane di brandelli di lava scoriacea molto vetrosa.

Le esalazioni della lava erano abbondantissime ed anidre; il vapor d'acqua era presente soltanto lungo la fenditura e proveniva dalla evaporazione delle acque infiltranti.

Sin oggi la maggior parte dei vulcanologi hanno ritenuto il vapor d'acqua come agente essenziale del vulcanismo e prima di cercare delle prove che potessero confermare quanto affermano, trovando l'acqua piovana infiltrante nel suolo fino al focolare vulcanico poco sufficiente in confronto alla grande massa di vapori che esala dai vulcani, hanno voluto farvi intervenire quella del mare avvicinando, con ipotetici meati sotterranei, alla costa anche i vulcani che si trovano nell'interno dei continenti.

Alberto Brun dopo nove anni di ricerche e dopo avere visitato la maggior parte dei vulcani attivi della Terra, ha voluto sostenere, dimostrando in gran parte, che le esalazioni magmatiche dei vulcani sono anidre e che la presenza del vapor d'acqua nel vulcano costituisce un epifenomeno.

Il Brun cadrà forse un po' nell'altro eccesso, ma non gli si può negare il merito di aver basato la sua teoria su ricerche sperimentali.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

Tavola I.

Fig. 1. — Gran pino vulcanico dell'eruzione dell'anno 1908, visto da Mangano la mattina del 27 aprile.

Fig. 2. — La corrente lavica con le numerose fumarole, vista da M. Faggi la mattina del 27 marzo 1910. Fot. del sig. Rudolf Schoefer.

Fig. 3. — La corrente lavica vicino ai crateri emissivi, vista da sud-ovest la notte del 26-27 marzo 1910. Fot. del sig. R Schoefer.

Fig. 4. — La cascata di lava vista dal pie' di M. Faggi la notte del 26-27 marzo 1910. Fot. del sig. R. Schoefer.

Tavola II.

Fig. 1. — Il M. Recupero in via di formazione, visto da sud-est il 28 marzo 1910. Fotografia del sig. G. Luck.

Fig. 2. — Il M. Recupero e la corrente lavica, visti da nord il 9 aprile 1910. Fot. del sig. Rudolf Schoefer.

Fig. 3. — Il cratere esplosivo *c* visto da sud il 19 aprile 1910. Fot. del sig. R. Schoefer.

Fig. 4. — Il M. Recupero in piena attività, visto da nord-est a 50 m. di distanza il 28 marzo 1910. Fot. del sig. G. Luck.

Tavola III.

Fig. 1. — Le voragini ed i crateri esplosivi lungo la fenditura, visti da sud. In fondo a destra la Montagnola, a sinistra la cima del M. Frumento ed in mezzo il piccolo rifuggio. 22 aprile 1910.

Fig. 2. — Blocco di lava antica franato dalle pareti della fenditura e lanciato a circa 50 m. dal cratere esplosivo *i*.

Fig. 3. — La fenditura verso la fine dell'eruzione, vista da nord. Nel primo piano il cratere *d* in via di franamento. 19 aprile 1910. Fot. del sig. R. Schoefer.

Fig. 4. Una delle voragini sul fianco orientale del M. Castellazzo, vista da nord. 19 aprile 1910. Fot. del sig. R. Schoefer.

Fig. 5. — La piccola voragine imbutiforme IV con neve in parte disciolta. 22 aprile 1910.

Fig. 6. — La neve protetta da un debole strato di cenere vulcanica e le fumarole di vapor d'acqua sotto la Volta di Girolamo.

Fig. 7. — Strato di neve internamente fuso e protetto esternamente dalla cenere vulcanica. 21 aprile 1910.

Tavola IV.

Fig. 1. — Il M. Recupero dopo l'eruzione visto da nord-est. 27 aprile 1910.
Fig. 2. — Una delle voragini (V) lungo la fenditura sul fianco orientale del M. Castellazzo. 27 aprile 1910.
Fig. 3. — Il tunnel di lava formatosi dentro la fenditura, visto dall'interno. 27 aprile 1910.
Fig. 4. — Uno dei camini esplosivi dentro il tunnel. 27 aprile 1910.
Fig. 5. — Andamento della fenditura tra il cratere *e* ed *f*. In fondo il M. Castellazzo. 21 aprile 1910
Fig. 6. — La bocca del tunnel vista dal M. Recupero. 27 aprile 1910.

Tavola V.

Fig. 1. — Il M. Recupero e la corrente lavica visti da nord. In fondo a sinistra la Cantoniera e la colata del 1892. 12 maggio 1910.
Fig. 2. — Il M. Recupero con bocca principale e cañon di lava, visti da sud-est. In fondo a sinistra il M. Castello e a destra il M. Castellazzo squarciato nel lato orientale. 27 aprile 1910.
Fig. 3. — La corrente lavica che investe un vigneto a destra del M. Segreta. 24 marzo 1910.
Fig. 4. — Il cratere emissivo *A* sotto la Volta di Girolamo con nastro di lava emesso nell'ultimo momento. 12 maggio 1910.
Fig. 5. — La corrente lavica con le morene laterali al pie' di M. Faggi. 16 ottobre 1910.
Fig. 6. — Cupola lavica sulla corrente principale e braccio laterale tra il M. Ardicazzi ed il M. Sona. 27 aprile 1910.
Fig. 7. — Dettaglio della figura precedente con albero fra la lava frammentaria e fumarola in attività. 27 aprile 1910.

Tavola VI.

Fig. 1. — Lava del 1910. Ing. 15.
Fig. 2. — Lava del 1892. Ing. 15.
Fig. 3. — Lava del 1886. Ing. 15.
Fig. 4. — Accumulamento quasi totale d'inclusioni vetrose nel plagioclase della lava del 1910. Ing. 10.
Fig. 5. — Accumulamento periferico d'inclusioni vetrose nel plagioclase della lava scoriacea del 1910. Ing. 10.
Fig. 6. — Augite geminata secondo (100), in sezione secondo (001) a Nicol incrociati della lava del 1910. Ing. 30.

Tavola VII.

Fig. 1. — Rilievo topografico dell'apparato eruttivo dell'eruzione del 1910. Scala a 1 : 10.000.

Tavola VIII.

Fig. 1. — Cartina del versante meridionale dell'Etna con le più recenti colate laviche. Scala nel rapporto di 1 a 75.000.

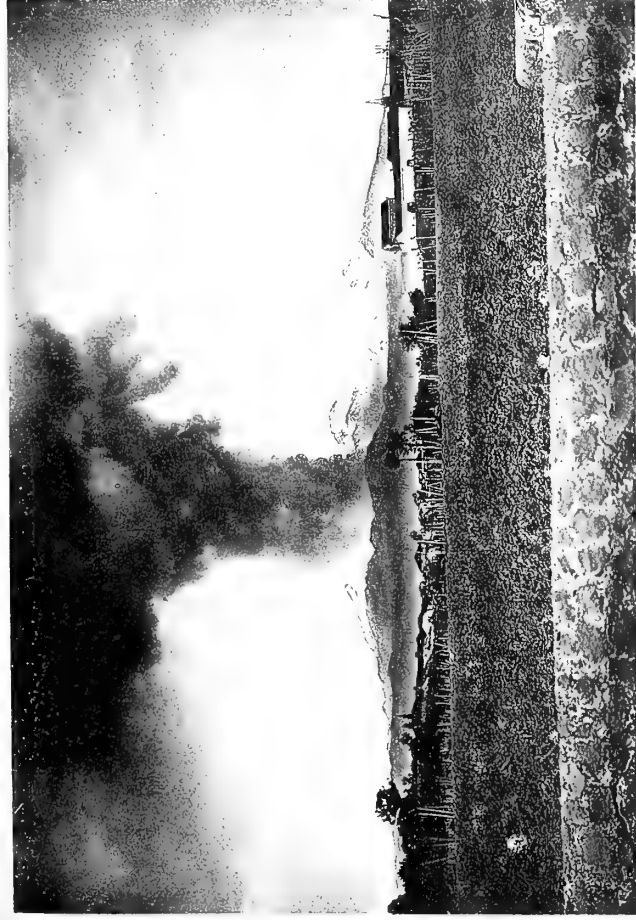



Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

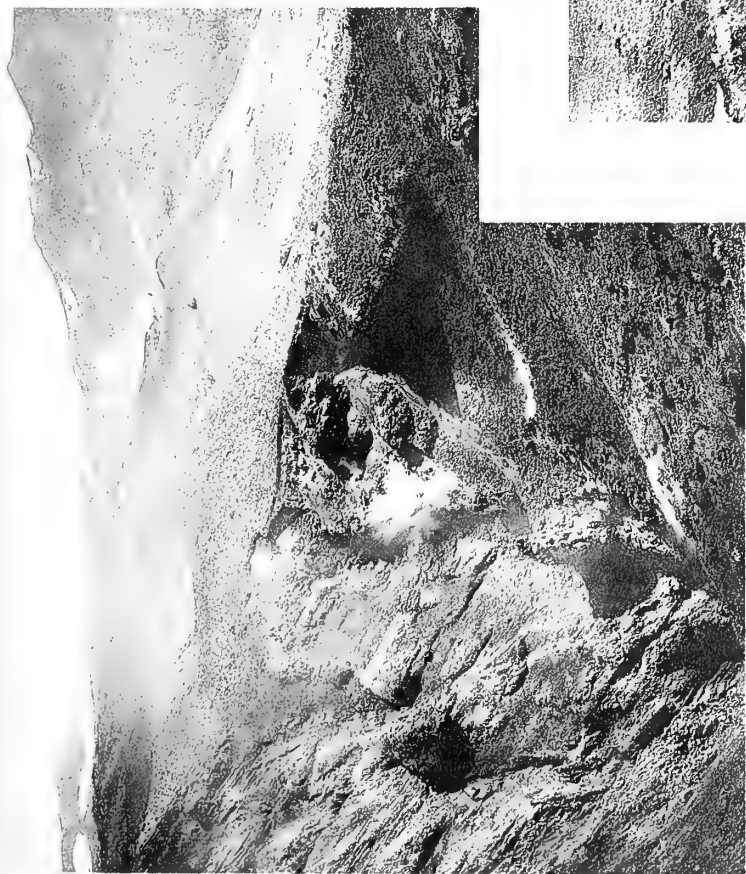



Fig. 1

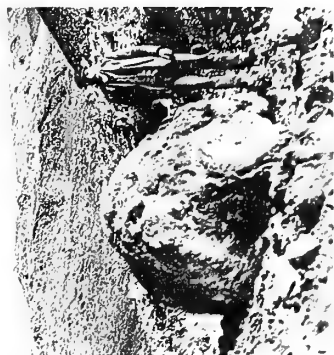



Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig 5

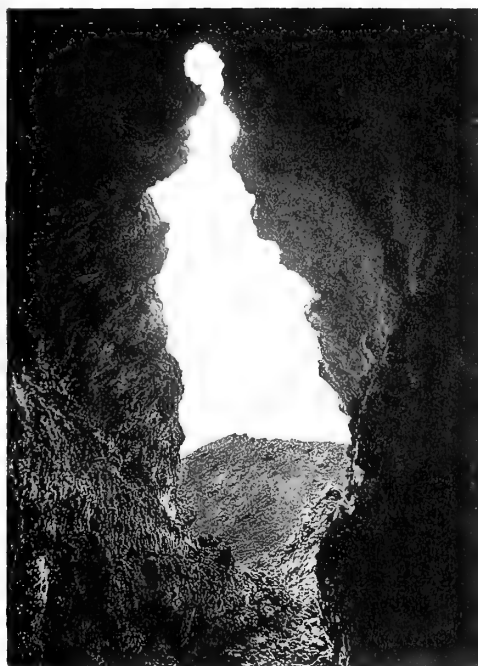



Fig. 6

Fig. 7

Fig. 1

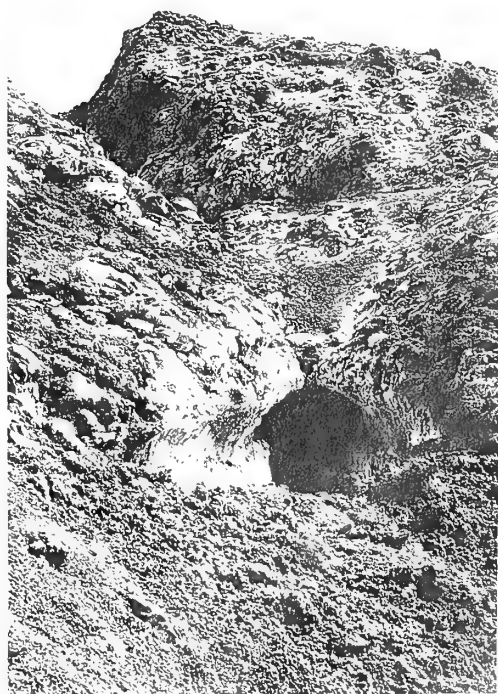



Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 1

Fig. 2

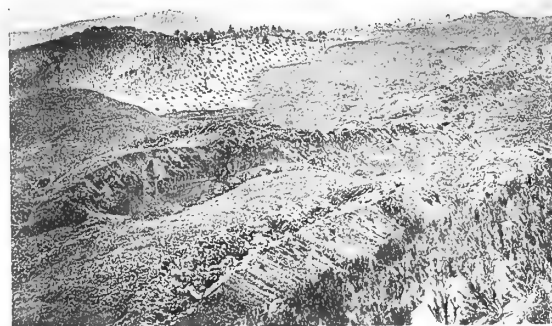



Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

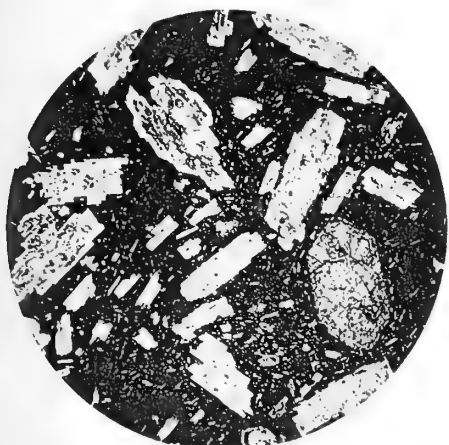



Fig. 1

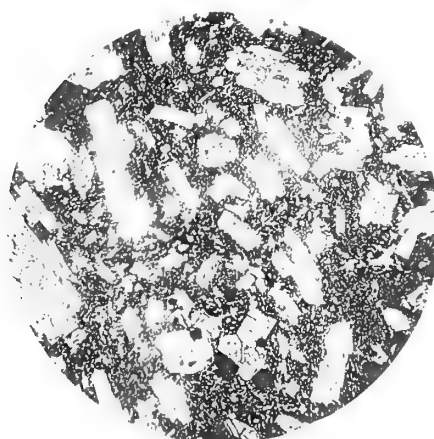



Fig. 2

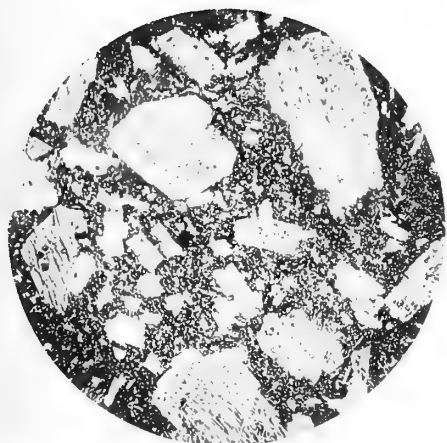



Fig. 3

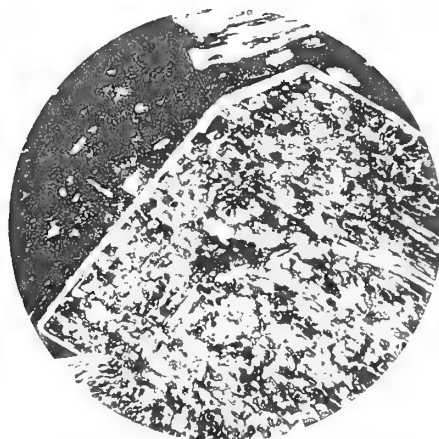



Fig. 4

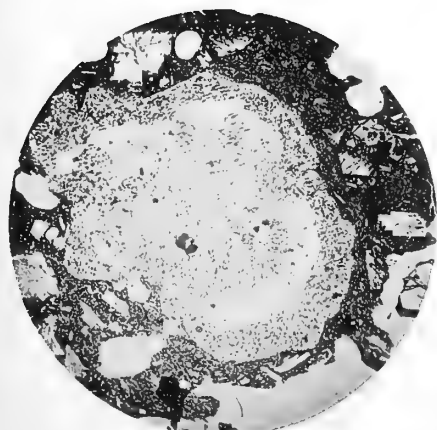
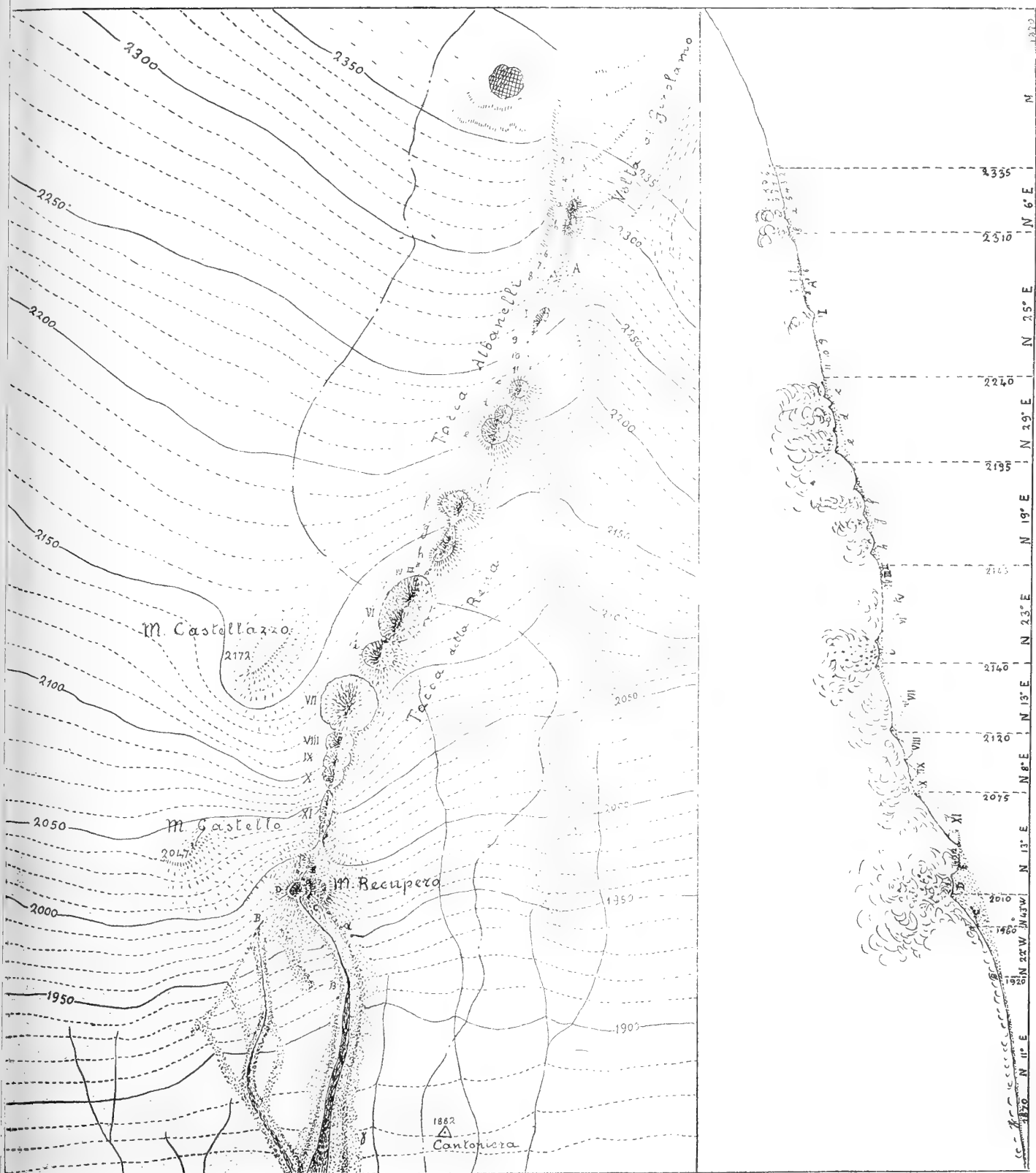



Fig. 5

Fig. 6

Apparato dinamico dell' eruzione etnea del 1910

Scala nel rapporto di 1 a 10.000

0 1/6 ½ 1 Km.

Scala nel rapporto di 1 a 75.000

1 0 1 2 Chilometri

RELAZIONE

letta dal Socio VOLTERRA, a nome anche del Socio BIANCHI, relatore, nella seduta del 5 marzo 1911, sulla Memoria del dott. EVANS: *Sopra l'algebra delle funzioni permutabili.*

Scopo principale di questo lavoro è di applicare i concetti generali dell'algebra (quali si trovano ad esempio sviluppati nel trattato dello Stolz e in quello dell'Huntington citato dall'autore) al campo delle funzioni di due variabili, in particolare allo studio delle speciali leggi di composizione di due funzioni mediante operazioni integrali che il prof. Volterra recentemente ha studiato.

L'A. comincia dal formulare in modo preciso i postulati distinti in tre gruppi. Il primo gruppo A) si riferisce all'*addizione* nel senso ordinario; il secondo gruppo M) alla moltiplicazione (composizione) in senso lato, che può applicarsi ad operazioni di natura ben diversa fra loro, purchè soddisfacenti alle leggi fondamentali; ed un terzo gruppo N) postula l'esistenza di una funzione che, composta con una data, dia luogo ad un'altra pur data. Nel § 1, esaminando la mutua dipendenza dei postulati fra loro, l'A. fa vedere come, pur mancando alcuni di essi, si possono stabilire teoremi fondamentali che dagli altri dipendono. Stabilito il concetto di funzioni razionali di più funzioni $F_1, F_2, \dots F_n$ nel campo, si distingue l'eguaglianza *formale* di due tali funzioni dall'eguaglianza effettiva o di *valore*, e si osserva quale è l'insieme dei postulati dei due gruppi il cui verificarsi assicura che l'eguaglianza di valore si presenta soltanto coll'eguaglianza formale. E, in questa ultima ipotesi, si dimostra brevemente, nel § 2, come i teoremi di Lagrange sulle funzioni razionali di più variabili, in relazione coi gruppi di sostituzioni a cui le funzioni appartengono, valgono ancora in questo campo algebrico più generale.

Le ricerche seguenti della Memoria sono tutte dedicate alla speciale legge di composizione (Volterra)

$$F_1(x, y)\, \Theta F_2(x, y) = \int_x^y F_1(x, \xi)\, F_2(\xi, y)\, d\xi\,.$$

L'A. si propone di ricercare quali dei postulati valgono con questa legge di composizione, quali invece più non sussistono. Serve d'introduzione alla ricerca il § 3 dove si stabiliscono alcuni criterî di *insolubilità* in generale di certe equazioni fun-

zionali, dai quali appunto, nel § 4, si riconosce la mancanza di validità di alcuni dei postulati.

Una ricerca analoga viene compiuta poi per un'altra legge di composizione, e si mostra come valgano altri dei postulati, con esclusione di nuovi che restavano validi nel primo modo. Da ultimo l'A. fa vedere come il sistema così costruito non possa porsi in corrispondenza di isomorfismo oloedrico coll'algebra usuale delle costanti, pur potendosi stabilire una corrispondenza di isomorfismo meriedrico.

Il presente lavoro è in parte di natura formale: ma i risultati ottenuti dall'A., specialmente nell'ultima parte, sono interessanti e di non dubbia utilità nello studio generale delle equazioni integrali, tanto che i Commissarî ne propongono la inserzione integrale negli Atti Accademici.

Sopra l'algebra delle funzioni permutabili.

Memoria del dott. G. C. EVANS

§ I.

Un sistema di postulati.

1. Consideriamo un sistema di funzioni di due variabili, e con opportune definizioni delle operazioni, tentiamo costruirne un'algebra. L'algebra risulterà quando saranno soddisfatti in parte o in tutto i postulati ai quali soddisfanno gli elementi del sistema usuale. Questi postulati sono ben conosciuti; e come sistema di postulati indipendenti tra loro, sono esposti dal prof. Huntington. Il sistema fondamentale che egli ci presenta nel suo lavoro (¹), è il seguente:

A1. $F_1 + F_2$ *esiste nel sistema.*
A2. $(F_1 + F_2) + F_3 = F_1 + (F_2 + F_3)$.
A3₁. *Se* $F + F_1 = F + F_2$, *si ha* $F_1 = F_2$.
A3₂. *Se* $F_1 + F = F_2 + F$, *si ha* $F_1 = F_2$.
A4. *Se* $\mu F_1 = \mu F_2$, *essendo* μ *un qualunque numero intero positivo, si ha* $F_1 = F_2$ (²).

M1. $F_1 \Theta F_2$ *esiste nel sistema.*
M2. $(F_1 \Theta F_2) \Theta F_3 = F_1 \Theta (F_2 \Theta F_3)$.
M3₁. *Se* $F \Theta F_1 = F \Theta F_2$, *e* F *non è funzione di nullità, si ha* $F_1 = F_2$ (³).
M3₂. *Se* $F_1 \Theta F = F_2 \Theta F$, *e* F *non è funzione di nullità, si ha* $F_1 = F_2$ (³).
M4₁. $F \Theta (F_1 + F_2) = F \Theta F_1 + F \Theta F_2$.
M4₂. $(F_1 + F_2) \Theta F = F_1 \Theta F + F_2 \Theta F$.
M5. $F_1 \Theta F_2 = F_2 \Theta F_1$.

È scritta l'addizione nel modo usuale perchè la considereremo sempre come l'operazione usuale. La moltiplicazione però, definendosi in modo speciale e diverso in ciascun caso, si denota col segno Θ, come lo fa il Huntington. « Funzione di nullità »

(¹) E. V. Huntington, *The Fundamental Laws of Addition and Multiplication in Elementary Algebra*, Annals of Matehmatics, 2nd series, vol. 8, n. 1, 1906.

(²) Col simbolo μF si denota $F + F + \cdots + F$ a μ termini.

(³) Nel lavoro del Huntington l'M3 si scrive:

M3₁. Se $F \Theta F_1 = F \Theta F_2$, e $F + F \neq F$, si ha $F_1 = F_2$.
M3₂. Se $F_1 \Theta F = F_2 \Theta F$, e $F + F \neq F$, si ha $F_1 = F_2$.

anche deve definirsi in ciascun caso speciale e di modo che, se esiste lo zero nel sistema, sarà funzione di nullità.

Scriviamo ancora due postulati N1 e N2.

N1. $F_1 - F_2$ *esiste nel sistema, e esiste almeno una funzione* F *non di nullità.*

N2$_1$. *Date* F_1 *e* F_2, *questa non di nullità, esiste* F *nel sistema, di modo che* $F_1 \Theta F = F_2$.

N2$_2$. *Date* F_1 *e* F_2, *questa non di nullità, esiste* F *nel sistema, di modo che* $F \Theta F_1 = F_2$.

2. Dagli A1, 2, 3; M1, 3_1 e 4_1 o 3_2 e 4_2, segue il

Teorema 1 [1]. $F_1 + F_2 = F_2 + F_1$.

Se c'è una funzione O (e non può esister più di una), cioè una funzione che soddisfa l'equazione

$$F + F = F,$$

si ha il

Teorema 2 [1]. *Se* $F_1 \Theta F_2 = 0$ *e* F_1 *non è funzione di nullità, si ha* $F_2 = 0$: *e se* F_2 *non è funzione di nullità, si ha* $F_1 = 0$;

e ancora dagli A1, 2, 3, il

Teorema 3 [1]. $F_1 + 0 = 0 + F_1 = F_1$; *eppure se o* $F_1 + F = F_1$ *o* $F + F_1 = F_1$, *si ha* $F = 0$.

Notiamo che gli A1, 2, 3 fanno sì che non esista la funzione « ∞ » nel sistema.

3. Sono molti i tipi delle algebre i quali soddisfanno questi postulati; e però sono molti i teoremi che se ne deducono. Infatti, molti teoremi si deducono da una parte solo dei postulati. In particolare (come per esempio nel calcolo vettoriale) l'M5 può talora tralasciarsi; e così l'M2.

Ciò nonostante, un postulato molto importante è l'M5 (esso rende superfluo uno degli $M3_1$, $M3_2$, e uno degli $M4_1$, $M4_2$). Associato agli A1, 2; M1, 2, 4_1, conduce al teorema binomiale:

Teorema 4 [1]. *Qualunque sia il numero intero positivo* μ, *si ha*

$$(F_1 + F_2)^\mu = F_1^\mu + \frac{\mu}{1} F_1^{\mu-1} F_2 + \frac{\mu(\mu-1)}{1 \cdot 2} F_1^{\mu-2} F_2^2 + \cdots + F_2^\mu .$$

Se si aggiungono l'A3 e l'$M3_1$, ne seguono il

Teorema 5 [1]. *Qualunque sia il numero intero positivo* μ, *si ha*

$$F_1^{\mu+1} - F_2^{\mu+1} = (F_1 - F_2)(F_1^\mu + F_1^{\mu-1} F_2 + F_1^{\mu-2} F_2^2 + \cdots + F_1 F_2^{\mu-1} + F_2^\mu),$$

stabilito che $F_1 - F_2$ *esista nel sistema,*

e il

Teorema 6 [1]. *Qualunque sia il numero intero positivo* μ, *se* $F = F_1$ *è radice di un'equazione del grado* μ, *può scriversi l'equazione nella forma*

$$(F - F_1)\ (\textit{polinomio del grado } \mu - 1) = 0,$$

stabilito il postulato N1.

[1] E. V. Huntington, loc. cit. Le stesse dimostrazioni valgono nel caso di due o di n variabili.

Inoltre, se ogni equazione del grado μ ha almeno una radice F_μ, l'equazione può scriversi

$$(F - F_\mu)[(F - F_{\mu-1})\{\dots((F - F_2)(F - F_1))\dots\}] = 0\,,$$

dove $F_\mu, F_{\mu-1}, \dots, F_2, F_1$ sono radici dell'equazione stessa. Perciò in virtù della M2 può scriversi

$$(F - F_\mu)(F - F_{\mu-1})\dots(F - F_2)(F - F_1) = 0\,.$$

4. Noi abbiamo a questo punto da fissare il concetto di eguaglianza. Due funzioni F_1, F_2 delle due variabili $x_1\, x_2$ sono identiche (cioè non debbono distinguersi fra loro) quando, assegnati alle variabili $x_1\, x_2$ due valori qualunque del campo considerato, le due funzioni hanno lo stesso valore. Questa definizione era sottintesa fino da principio.

Si diranno *eguali di forma* due funzioni razionali delle funzioni $F_1, \dots, F_n$ quando potrà cambiarsi l'una nell'altra per via dei postulati A 2, 3, 4 ; M 2, 3, 4, 5, e per conseguenza per via di quei postulati e dei teoremi che se ne deducono. Si diranno *eguali* semplicemente due funzioni delle $F_1, \dots, F_n$ quando determinate le funzioni $F_1, \dots, F_n$ come n funzioni qualunque nel campo considerato le due funzioni avranno lo stesso valore.

5. Aggiungendo postulati speciali agli A, M, può ottenersi l'algebra dei numeri interi positivi, quella dei numeri interi positivi collo 0, quella dei numeri positivi e negativi collo 0; quella dei numeri razionali, ecc. (²).

Sia sottinteso, se nulla si dice in contrario, che, in ogni caso, i postulati A1, 2, 3, 4 ; M1, 2, 3, 4, 5 ; N1 *valgono* (³).

Ne segue e dal teorema 6 e dal fatto che deve esistere nel sistema la funzione $\mu F \neq F$, il

Teorema 7. *Due funzioni razionali intere in* F, *eguali, sono eguali di forma; e reciprocamente, due funzioni razionali intere in* F, *eguali di forma sono eguali. Quindi due funzioni razionali in* F, *eguali, sono eguali di forma; e reciprocamente, due funzioni razionali in* F, *eguali di forma, sono eguali.*

Su questi teoremi si costruisce senza difficoltà la teoria di Lagrange.

§ 2.

Teoria di Lagrange.

6. Tutte le permutazioni che lasciano inalterata una funzione razionale qualunque φ di $F_1, \dots, F_n$ costituiscono un gruppo. Si dice che questo gruppo è gruppo appartenente alla funzione $\varphi(F_1, \dots, F_n)$ e reciprocamente che la funzione appartiene al

(¹) Si veda la nota alla pagina precedente.

(²) E. V. Huntington, loc. cit.

(³) Si consideri il concetto quasi analogo di « domaine hyperorthöide », Encycl. des Sc. Math., édition fr., I, 10, 9, pag. 246.

gruppo. Il gruppo appartenente a $\varphi(F_1, \dots, F_n)$ se φ è funzione simmetrica è il gruppo simmetrico costituito delle $n!$ permutazioni di $F_1, \dots, F_n$; e cioè la definizione stessa di funzione simmetrica.

Può facilmente verificarsi che ogni funzione razionale, intera, simmetrica, delle n funzioni $F_1, \dots, F_n$ coi coefficienti funzioni date dalle due variabili x_1, x_2 può scriversi come funzione razionale intera delle funzioni simmetriche

$$\begin{aligned} S_1 &= F_1 + \cdots + F_n \\ S_2 &= F_1F_2 + F_1F_3 + \cdots + F_1F_n + F_2F_3 + \cdots + F_{n-1}F_n \\ S_3 &= F_1F_2F_3 + \cdots + F_{n-2}F_{n-1}F_n \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ S_n &= F_1F_2 \dots F_n , \end{aligned}$$

della quale i coefficienti sono funzioni razionali intere dei coefficienti di φ.

7. Se le forme diverse che assume la funzione razionale $\varphi(F_1, \dots F_n)$ per le $n!$ permutazioni degli F_i sono in numero γ, γ è l'indice del sottogruppo del gruppo simmetrico, che appartiene a φ. Inoltre si ha la proposizione reciproca. Ne segue che φ è radice di un'equazione di grado γ della quale i coefficienti sono funzioni razionali simmetriche delle $F_1, \dots, F_n$.

Se $\varphi(F_1, \dots, F_n)$, funzione razionale delle $F_1, \dots, F_p$ resta inalterata per tutte le permutazioni che appartengono a un'altra funzione razionale $\psi(F_1, \dots, F_n)$ può scriversi immediatamente

$$\varphi(F_1, \dots, F_n) = R(\psi | S_1, \dots, S_n)$$

funzione razionale intera nella ψ della quale i coefficienti sono funzioni razionali di $S_1, \dots, S_n$.

Ne segue che se il gruppo H, appartenente a ψ, è sottogruppo di indice γ del G, appartenente a φ, si ha che ψ è radice di un'equazione del grado γ della quale i coefficienti sono funzioni razionali di φ e di $S_1, \dots, S_n$. Quest'ultimo è il teorema fondamentale della teoria di Lagrange.

8. Laonde noi abbiamo gli stessi metodi di soluzione per mezzo delle equazioni risolventi. Se abbiamo una serie di funzioni $\psi_1, \dots, \psi_p$ appartenenti ai sottogruppi successivi, cui appartiene l'ultima al gruppo 1, possiamo scrivere

$$\begin{array}{llll} G^{n!} & & & \varphi^m(F | S_1, \dots, S_n) = 0 \\ | & \gamma_1 & & \\ H_1 & & \psi_1 & \varphi_1^{\gamma_1}(\psi_1 | S_1, \dots, S_n) = 0 \\ | & \gamma_2 & & \\ H_2 & & \psi_2 & \varphi_2^{\gamma_2}(\psi_2 | \psi_1, S_1, \dots, S_n) = 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\cdots\cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\cdots\cdots \\ | & \gamma_p & & \\ 1 = H_p & & F_i & \varphi_{p,i}^{\gamma_p}(F_i \; \psi_{p-1}, S_1, \dots, S_n) = 0 . \end{array}$$

E se possiamo risolvere le equazioni

$$F^k = \Phi \qquad\qquad k = 2, 3,$$

possiamo risolvere le equazioni generali dei gradi $1, 2, 3, 4$; facendo usò, come risolventi, dell'equazioni particolari binomie.

§ 3.

Teoremi speciali sulle funzioni permutabili.

9. L'utilità dei metodi di Lagrange consiste nel risolvere le equazioni generali nei casi in cui la soluzione non può determinarsi o verificarsi con operazioni razionali. E non ne diminuisce l'utilità anche quando si applichino ai sistemi di algebra che non sono isomorfi coi sistemi ordinarî. Un sistema di tal natura può fondarsi sulle funzioni permutabili del prof. Volterra.

10. Prima di fare questa applicazione fa d'uopo stabilire qualche teorema speciale. Consideriamo dapprima l'equazione

$$\int_x^y F(x, \xi)\, \Phi(\xi, y)\, d\xi = F(x, y). \tag{1}$$

Vedremo che in generale, data la funzione $F(x, y)$, non potrà trovarsi nessuna funzione $\Phi(x, y)$ che soddisfi l'equazione (1).

Si denoterà colla lettera S il campo di variabili $a \leqq x \leqq b$, $a \leqq y \leqq b$, e colla lettera s l'intervallo $a \leqq x \leqq b$. Data la $F(x, y)$ continua dappertutto in S, si vede subito che non può trovarsi $\Phi(x, y)$ continua in S ([1]).

Facciamo l'ipotesi più generale che la funzione $F(x, y)$ (non necessariamente limitata) sia continua in S dappertutto fuorchè lungo certe linee continue le quali non tagliano la retta $x = y$ se non in un numero finito di punti, e che esista almeno un punto $x = y = c$ della linea $x = y$ nell'intorno del quale si ha

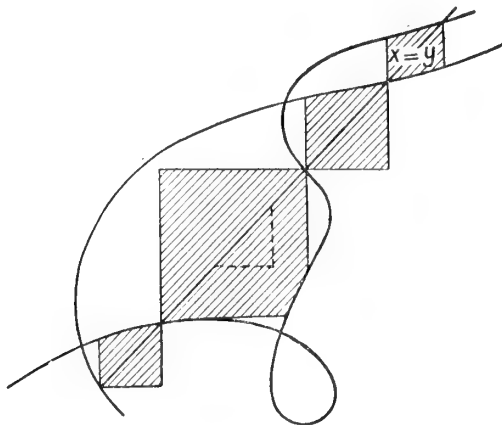
$$F(x, y) \neq 0$$

eccettuati tutto al più i punti della linea $x = y$.

Allora non può trovarsi nessuna funzione $\Phi(x, y)$ che soddisfi l'equazione e sia continua in S dappertutto fuorchè lungo certe linee continue le quali non tagliano la retta $x = y$ se non in un numero finito di punti. Supponiamo infatti, che sia trovata una tale funzione $\Phi(x, y)$.

Noi possiamo ora costruire un campo nell'intorno della linea $x = y$ in modo tale che una parte dell'intorno di ogni punto della linea sia inclusa nel campo, e da ogni punto dell'intorno del campo come vertice si possa costruire la metà di un quadrato che giunga alla linea $x = y$ senza essere o toccato o traversato da nessuna

([1]) In questo articolo una funzione non si chiama continua in un punto (a, b) se non sia finita in questo punto.

linea di discontinuità di $F(x, y)$ o $\Phi(x, y)$ (si veda il campo tratteggiato della figura). Ma in un tale campo siccome $\Phi(x, y)$ e $F(x, y)$ sono ambedue continue, ne segue dalla teoria generale dell'equazione integrale che $F(x, y) = 0$. E quindi viene una contraddizione con la ipotesi fatta per l'intorno del punto $x = y = c$.

Può estendersi un poco la generalità della $F(x, y)$ nel teorema se si limita molto di più la natura della funzione cercata $\Phi(x, y)$. Supponiamo che $F(x, y)$, non identicamente zero, possa scriversi nella forma

$$F(x, y) = \frac{F'(x, y)}{f(y)},$$

dove $f(y)$ è funzione continua nell'intervallo $a \leqq y \leqq b$ e non s'annulla eccetto che in un numero finito di punti, e $F'(x, y)$ (non necessariamente finita) è funzione continua in S, fuorchè lungo certe linee che non tagliano nessuna linea $y = \text{cost}$, se non in un numero finito di punti.

Per esempio la funzione

$$F(x, y) = \frac{G(x, y)}{(x-a)^{\lambda} (y-b)^{\mu} (x-y)^{\nu}}, \qquad \nu < 1,$$

ove G è finita e continua, soddisfa le condizioni suddette, ponendo

$$f(y) = (y-b)^{\mu} \quad , \quad F'(x, y) = \frac{G(x, y)}{(x-a)^{\lambda} (x-y)^{\nu}}.$$

Cerchiamo una funzione $\Phi(x, y)$ continua in S, colle derivate del primo ordine finite, e continue in S, eccetto delle discontinuità distribuite in modo regolare (¹); e tale che per nessun valore di x si ha identicamente $\Phi(x, y) = 0$, considerata come funzione della sola y, $a \leqq y \leqq b$.

L'equazione (1) diviene

$$\int_x^y \Phi(\xi, y) \frac{F'(x, \xi)}{g(\xi)} d\xi = \frac{F'(x, y)}{g(y)}$$

(¹) Discontinuità abbastanza generale; si veda M. Böcher, *Introduction to Integral Equations*, Cambridge University Press, 1909, pag. 3.

la quale, fisso il valore di x, può considerarsi come un'equazione che determina $F'(x, y)/g(y)$ come funzione della sola y, continua fuorchè un numero finito di valori di y. Ma dalle ipotesi fatte, sulla funzione $\Phi(x, y)$ è facile di stabilire che una tale soluzione dovrà essere una funzione *continua* di y, y mantenendosi nell'intervallo $a < y < b$ [1]. Ma siccome non c'è che una sola soluzione continua, si ha per ogni x, $a \leqq x \leqq b$,

$$\frac{F'(x, y)}{g(y)} = 0, \qquad a < y < b,$$

il che è in contraddizione coll'ipotesi fatta sulla $F(x, y)$.

In modo simile può verificarsi che in generale l'equazione

$$(1') \qquad \int_x^y \Phi(x, y)\, F(\xi, y)\, d\xi = F(x, y)$$

non ha soluzione.

11. Consideriamo ora l'equazione

$$(2) \qquad \int_x^y F(x, \xi)\, \Phi(\xi, y)\, d\xi = 1\,.$$

Vedremo che in generale data la funzione $F(x, y)$ anche questa equazione non avrà soluzione. Però esistono, come è ben noto, dei casi in cui l'equazione è soddisfatta. Per esempio si ha

$$\int_x^y \left\{ \frac{\operatorname{sen} \lambda\pi}{\pi} \frac{1}{(\xi - x)^\lambda} \right\} \left\{ \frac{1}{(y - \xi)^{1-\lambda}} \right\} d\xi = 1\,.$$

Facciamo l'ipotesi che la funzione $F(x, y)$ non necessariamente finita, sia continua in S, fuorchè lungo certe linee le quali non tagliano la linea $x = y$ se non in un numero finito di punti, e cerchiamo una funzione $\Phi(x, y)$ la quale sia della stessa natura. Può costruirsi ancora il campo tratteggiato come nel caso dell'equaquazione (1), e si vede che deve essere

$$\int_x^y F(x, \xi)\, \Phi(\xi, y)\, d\xi = 0$$

quando si ha $x = y$. E quindi viene una contraddizione colla (2). Sotto le stesse condizioni data la $\Phi(x, y)$, non può trovarsi la $F(x, y)$.

Se si limita la natura di una delle $F(x, y)$, $\Phi(x, y)$, può estendersi la generalità dell'altra. Supponiamo per esempio che $F(x, y)$ sia funzione analitica nel campo S, e non identicamente zero; e cerchiamo una funzione $\Phi(x, y)$ che può scriversi nella forma

$$\Phi(x, y) = \varphi(y)\, \Phi'(x, y),$$

[1] Bulletin of the American Mathematical Society, 2nd ser., vol. XVI, n. 3, pag. 135.

dove $\varphi(y)$ è continua in s e non si annulla se non in un numero finito di punti, e $\Phi'(x, y)$ è continua in S, fuorchè lungo certe linee continue le quali non tagliano nessuna linea $y = \text{cost}$ eccetto che in un numero finito di punti.

Prendiamo un punto qualunque $x = y = c$ sulla linea $x = y$. Può scriversi

$$\mathrm{F}(x, y) = (y - c)^{\beta}\, \mathrm{F}'(x, y)$$

ove β è numero intero positivo o 0 e

$$\mathrm{F}'(x, c) \neq 0 \quad \text{per} \quad x_1 \leqq x < c,$$

essendo x_1 sufficientemente vicino a c. Quindi potrà determinarsi y_1 in modo tale che fissato x_0, $x_1 \leqq x_0 < c$, si abbia

$$\mathrm{F}'(x_0, y) \neq 0 \quad , \quad y_1 \leqq y < c .$$

Per conseguenza si avrà

$$\int_s^c \mathrm{F}(x_0, \xi)\, \Phi(\xi, c)\, d\xi = f(s)$$

dove $f(s)$ è continua, essendo s tale che

$$x_0 \leqq s < c$$
$$y_1 \leqq s < c .$$

In questo integrale, $\Phi(\xi, c)$, considerata come funzione di ξ, sarà continua $\xi \neq c$ (x_0 preso abbastanza vicino a c), e $\mathrm{F}'(x_0, \xi)$ non si annullerà in nessun punto del campo sc di integrazione. Segue immediatamente, come vedremo, dalla convergenza del sopraddetto integrale che dovrà essere convergente l' integrale

$$\int_x^c \mathrm{F}(x, \xi)\, \Phi(\xi, c)\, d\xi \qquad\qquad s \leqq x < c$$

e anche

$$\lim_{x=c} \int_x^c \mathrm{F}(x, \xi)\, \Phi(\xi, c)\, d\xi = 0 ;$$

quindi non potrà sussistere sempre

$$\int_x^c \mathrm{F}(x, \xi)\, \Phi(\xi, c)\, d\xi = 1 .$$

La proprietà sopra considerata segue dalla convergenza dell' integrale

$$\int_a^b \gamma(x)\, h(x)\, dx$$

nelle ipotesi seguenti:

1)
$$h(x) \text{ è definita e continua } \quad a \leqq x < b,$$
$$\lim_{b'=b} \int_a^{b'} h(x)\, dx \quad \text{esiste,}$$

2)
$$r(x)\,, \frac{d}{dx}\, r(x) \text{ sono finite e continue } \quad a \leqq x \leqq b.$$

Applicando questo teorema al caso nostro, dobbiamo porre

$$r(\xi) = \frac{F'(x\,,\xi)}{F'(x_0\,,\xi)} = \frac{F(x\,,\xi)}{F(x_0\,,\xi)}$$

e riconoscere che se si ha

$$\left.\begin{aligned} \left|\int_a^x h(x)\, dx\right| &< N \\ |r(x)| &< M \\ |r'(x)| &< M(b-a) \end{aligned}\right\} a \leqq x \leqq b$$

ne segue che

$$\left|\int_a^b r(x)\, h(x)\, dx\right| \leqq 2MN;$$

e siccome possiamo ottenere N tanto piccolo quanto vogliamo col prendere a abbastanza vicino a b, si vede che possiamo ottenere il detto integrale anche tanto piccolo quanto vogliamo.

12. Nello stesso modo può stabilirsi il teorema seguente:

Teorema. — Data $F(x\,,y) = f(x)\, g(y)\, F'(y)$ dove

le funzioni $f(x)\,, g(x)$ sono continue dappertutto in s e non si annullano che in un numero finito di punti,

la funzione $F'(x\,,y)$ è continua dappertutto in S, e le derivate del primo ordine sono in S finite, e continue eccetto delle discontinuità distribuite in modo regolare, e

esiste un certo punto c in s tale che nè $F'(x\,,c)$ nè $F'(c\,,y)$ si annnllano identicamente in S,

allora non può trovarsi

$$\Phi(x\,,y) = \varphi(x)\, \psi(y)\, \Phi'(x\,,y) \text{ dove}$$

le funzioni $\varphi(x)\,, \psi(x)$ sono continue dappertutto in s e non si annullano che in un numero finito di punti, e

la funzione $\Phi'(x\,,y)$ (non necessariamente limitata) è continua eccetto delle discontinuità distribuite in modo regolare,

tale che resti soddisfatta o l'equazione

$$\int_x^y F(x, \xi)\, \Phi(\xi, y)\, d\xi = \Psi(x, y) \tag{3}$$

o l'equazione

$$\int_x^y \Phi(x, \xi)\, F(\xi, y)\, d\xi = \Psi(x, y), \tag{3'}$$

data $\Psi(x, y)$ funzione continua dappertutto in S e tale che $\Psi(c, c) \neq 0$.

§ 4.

Applicazione al sistema delle funzioni permutabili di Volterra.

13. Il prodotto di due funzioni nel senso particolare del prof. Volterra si definisce nel modo seguente:

$$F_1(x, y)\, \Theta F_2(x, y) = \int_x^y F_1(x, \xi)\, F_2(\xi, y)\, d\xi \ \text{(}^1\text{)}.$$

Si dice che due funzioni E_1, F_2 sono permutabili, quando si ha

$$F_1 \Theta F_2 = F_2 \Theta F_1.$$

Il prodotto così definito non soddisfa del tutto il sopradetto sistema di postulati. Mancano l' M_3 e l' N_2; mentre sono soddisfatti gli A 1, 2, 3, 4 ; M 1, 2, 4 ; N 1, e, nel caso della permutabilità, l' M5.

Infatti, noi possiamo dare due funzioni $F_1(x, y)$, $F_2(x, y)$ tali che sia $F_1(x, y)\, \Theta F_2(x, y) = 0$ senza che si abbia nè $F_1(x, y) = 0$ nè $F_2(x, y) = 0$. Per esempio si ponga

$$\begin{cases} F_1(x, y) = 0, & a \leqq x < y \leqq b, \\ F_1(x, y) \text{ arbitraria, continua,} & a \leqq y \leqq x \leqq b, \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_2(x, y) \text{ arbitraria, continua,} & a \leqq x \leqq y \leqq b, \\ F_2(x, y) = 0, & a \leqq y < x \leqq b; \end{cases}$$

quindi si ha

$$\int_x^y F_1(x, \xi)\, F_2(\xi, y)\, d\xi = 0 = \int_x^y F_2(x, \xi)\, F_1(\xi, y)\, d\xi$$

qualunque sia il punto x, y in S. E perciò non è soddisfatto l' M3.

Neppure vien soddisfatto l' N2. Una funzione non può scriversi in generale prodotto di una data e di un'altra cercata (si veda il § 3, equazioni (3) e (3')). In

(1) V. Volterra, Rend. della R. Acc. dei Lincei, XIX, serie 5ª, 1° sem., fasc. 4 febbraio 1910.

casi particolari però la divisione resta possibile (¹). Quindi non esiste in generale soluzione dell'equazione $F^n = \Phi$. Non esiste in generale la funzione reciproca (si veda il § 3, equazioni (2) e (2')). E non c'è l'*idemfattore*; cioè non esiste $I(x, y)$ indipendente della $F(x, y)$ tale che si ha o

$$F(x, y) \Theta I(x, y) = F(x, y)$$

o

$$I(x, y) \Theta F(x, y) = F(x, y)$$

(si veda il § 3, equazioni (1) e (1'), di cui è dimostrato un teorema, un poco più generale).

14. Noi possiamo definire il prodotto in modo differente. Con ciò non si soddisfanno tutti i postulati M 1, 2, 3, 4, 5; N 2: ma i mancanti non sono quelli precedenti. Consideriamo le funzioni continue di due variabili. Si scriva una funzione qualunque continua di x e y nella forma

$$\varphi(x, y) = f(x) + F(x, y),$$

dove si definisca

$$f(x) = \varphi(x, x).$$

Quindi saranno le $f(x)$ e $F(x, y)$ determinate univocamente, e la $F(x, y)$ tale che

$$F(x, x) = 0.$$

Si definisca il prodotto di due funzioni $\varphi_1 = f_1 + F_1$ e $\varphi_2 = f_2 + F_2$ dalla relazione [2]

$$\varphi_1(x, y) \Theta \varphi_2(x, y) = f_1(x) f_2(x) + f_1(x) F_2(x, y) + f_2(x) F_1(x, y) + \int_x^y F_1(x, \xi) F_2(\xi, y) d\xi,$$

cioè un prodotto distributivo del quale l'ultimo termine soltanto è prodotto nel senso speciale. Si chiama $\varphi(x, y) = f(x) + F(x, y)$ funzione di nullità se in qualche punto dell'intervallo che si considera si ha $f(x) = 0$. Quindi il prodotto di due funzioni di nullità è ancora funzione di nullità.

15. Sono soddisfatti i postulati A 1, 2, 3, 4; N 1: ed evidentemente anche gli M 1, M 4 vengono soddisfatti. E si può facilmente vedere che sono soddisfatti l'M3, e l'N2. Rimangono eccettuati l'M2 e l'M5, le due proprietà associativa e commutativa.

Rispetto all'M3 bisogna esaminare l'equazione

$$\varphi(x, y) \Theta \theta_1(x, y) = \varphi(x, y) \Theta \theta_2(x, y)$$

(¹) Si veda il teorema II, § 3, V. Volterra, Rend. della R. Acc. dei Lincei, XIX, serie 5ª, 1° sem., fasc. 8 (aprile 1910).

(²) Si veda V. Volterra, loc. cit., febbraio 1910, pag. 171.

e verificare che se φ non è funzione di nullità si ha

$$\theta_1(x\,,y) = \theta_2(x\,,y)\,.$$

Ponendo $\theta_1(x\,,y) - \theta_2(x\,,y) = \theta(x\,,y) = t(x) + \mathrm{T}(x\,,y)$, e $\varphi(x\,,y) = f(x) + \mathrm{F}(x\,,y)$, possiamo scrivere

$$(f(x) + \mathrm{F}(x\,,y))\,(t(x) + \mathrm{T}(x\,,y)) = 0\,,$$

dove si ha $f(x) \neq 0$. Quindi

$$f(x)\,t(x) + f(x)\,\mathrm{T}(x\,,y) + t(x)\,\mathrm{F}(x\,,y) + \int_x^y \mathrm{F}(x\,,\xi)\,\mathrm{T}(\xi\,,y)\,d\xi = 0\,,$$

e ponondo $y = x$, si ha

$$t(x) = 0\,.$$

Dunque

$$f(x)\,\mathrm{T}(x\,,y) + \int_x^y \mathrm{F}(x\,,\xi)\,\mathrm{T}(\xi\,,y)\,d\xi = 0$$

e la teoria delle equazioni integrali ci dà che $\mathrm{T}(x\,,y) = 0$, chè si cercano solamente le soluzioni continue. Quindi $\theta_1(x\,,y) = \theta_2(x\,,y)$.

In modo simile se si ha

$$\theta_1 \Theta \varphi = \theta_2 \Theta \varphi$$

segue

$$\theta_1 = \theta_2\,.$$

Rispetto all' N2, ci è d' uopo cercare una funzione θ che, data φ non di nullità, e ψ, soddisfaccia l'equazione

$$\varphi \Theta \theta = \psi$$

o ponendo $\varphi = f(x) + \mathrm{F}(x\,,y)$, $\theta = t(x) + \mathrm{T}(x\,,y)$, $\psi = g(x) + \mathrm{G}(x\,,y)$, la equazione

$$f(x)\,t(x) + f(x)\,\mathrm{T}(x\,,y) + t(x)\,\mathrm{F}(x\,,y) + \int_x^y \mathrm{F}(x\,,\xi)\,\mathrm{T}(\xi\,,y)\,d\xi = g(x) + \mathrm{G}(x\,,y)\,,$$

dove si ha $f(x) \neq 0$. Ponendo

$$t(x) = \frac{g(x)}{f(x)}$$

la teoria delle equazioni integrali ci dà che esiste una $\mathrm{T}(x\,,y)$ che soddisfa l'equazione. Quindi esiste una $\theta(x\,,y)$. In modo simile esiste una θ la quale soddisfa la equazione

$$\theta \Theta \varphi = \psi.$$

E la condizione necessaria e sufficiente che θ non sia di nullità è che ψ non sia di nullità.

Quindi esiste la funzione reciproca di ogni funzione che non è di nullità. E c'è anche l'*idemfattore*; esso è la funzione

$$\mathrm{I}(x\,,y) = 1.$$

16. Queste funzioni soddisfanno tutti i postulati eccetto l'M2 e l'M5. Perchè esse soddisfino l'M2 basta limitarle alle funzioni della forma

$$\varphi(x,y)=f+\mathrm{F}(x,y),$$

dove essendo $\mathrm{F}(x,x)=0$, f deve essere costante; cioè $\varphi(x,x)$ deve essere costante. *Perchè soddisfino anche l'*M5, *e quindi tutti i postulati* A, M, N, *basta inoltre limitarle alle funzioni nelle quali le* $\mathrm{F}(x,y)$ *siano permutabili fra loro.* Le due proprietà associativa e commutativa seguono dalle stesse proprietà nel caso delle funzioni permutabili ([1]). E può facilmente stabilirsi che nessuna operazione ci dà una funzione fuori del sistema.

17. In questo ultimo caso una funzione che non è di nullità ha funzione reciproca che può scriversi

$$\varphi^{-1}(x,y)=\frac{1}{f+\mathrm{F}(x,y)}=\frac{1}{f}\left(1-\frac{\mathrm{F}(x,y)}{f}+\frac{\mathrm{F}^2(x,y)}{f^2}+\cdots\right)$$
$$=f'+\mathrm{F}'(x,y),$$

ove la F' è permutabile colla F e con ogni funzione permutabile colla F. Se si cerca θ tale che

$$\varphi\,\Theta\,\theta=\psi,$$

dove $\varphi(x,y)$ e $\psi(x,y)$ sono del sistema e $\varphi(x,y)$ non è di nullità, segue

$$\theta=\varphi^{-1}\Theta\psi=\psi\,\Theta\,\varphi^{-1},$$

una funzione perciò che esiste nel sistema (quindi si stabilisce l'N2) e soddisfa anche l'equazione

$$\theta\,\Theta\,\varphi=\psi.$$

Può stabilirsi in fine che ogni equazione

$$\varphi^n(x,y)=\psi(x,y),$$

dove $\psi(x,y)$ non è funzione di nullità, ha n radici e n radici solo; e esse possono scriversi nella forma

$$\varphi_1(x,y)\ ,\ \omega\varphi_1(x,y)\ ,\ \omega^2\varphi_1(x,y),\ldots,\omega^{n-1}\varphi_1(x,y),$$

dove sono $1,\omega,\omega^2,\ldots,\omega^{n-1}$ le n radici di 1. L'esistenza della $\varphi_1(x,y)$ si stabilisce collo scrivere l'equazione nella forma

$$\left(\sqrt[n]{g}+\mathrm{F}(x,y)\right)^n=\left(\sqrt[n]{g}\right)^n+\mathrm{G}(x,y)$$

e dall'applicare i teoremi dei §§ 3, 4 del già citato lavoro del prof. Volterra ([2]).

([1]) V. Volterra, loc. cit., febbraio 1910, pag. 171.
([2]) V. Volterra, loc. cit., febbraio 1910, § 3, 4.

18. Ci rimane solamente da dimostrare come non possa essere isomorfo il sistema ora definito col sistema usuale, cioè che non può stabilirsi una corrispondenza biunivoca fra i due sistemi in modo che la somma e il prodotto di due elementi qualunque in un sistema corrisponda alla somma e al prodotto dei due elementi corrispondenti nell'altro.

Siccome $F - F = 0$ e $F/F = 1$ si ha immediatamente che 0 in un sistema deve corrispondere a 0 nell'altro, e 1 a 1. Quindi ogni costante razionale nell'uno deve corrispondere nell'altro alla stessa costante. Ma abbiamo visto che vi sono delle funzioni $F_1(x, y)$, $F_2(x, y)$ anche continue tali che

$$\int_x^y F_1(x, y) F_2(\xi, y) \, d\xi = 0$$

identicamente, dove nè $F_1(x, y) = 0$, nè $F_2(x, y) = 0$ identicamente.

Consideriamo le due funzioni del sistema ora definito

$$a + F_1(x, y)$$

e

$$b + F_2(x, y),$$

dove a e b sono costanti razionali; e supponiamo che

$$a + F_1(x, y) \text{ corrisponda a } P_1(\alpha, \beta, \ldots, \nu),$$

e

$$b + F_2(x, y) \text{ corrisponda a } P_2(\alpha, \beta, \ldots, \nu),$$

ove $\alpha, \beta, \ldots, \nu$ sono le variabili nel sistema usuale col quale noi vogliamo stabilire la corrrispondenza.

Segue che

$$F_1 \text{ corrisponde a } P_1 - a,$$

e

$$F_2 \text{ corrisponde a } P_2 - a,$$

e non possono tralasciarsi queste funzioni di nullità. Perciò, siccome O corrisponde a 0, e $F_1 \Theta F_2 = 0$, si ha $(P_1 - a)(P_2 - b) = 0$ nel sistema usuale, e per conseguenza o $P_1 = a$ o $P_2 = b$.

Ma siccome le costanti razionali in un sistema corrispondono alle stesse costanti nell'altro si ha che tutte e due le funzioni a e $a + F_1(x, y)$ nel sistema ora definito corrispondono alla sola funzione a nel sistema usuale, o tutte e due le funzioni b e $b + F_2(x, y)$ corrispondono a b. Quindi la corrispondenza non può essere univoca.

Sicuro è, tuttavia, ed evidente, che può stabilirsi una corrispondenza meromorfa coll'algebra usuale delle costanti.

RELAZIONE

letta dai Socî E. PATERNÒ e A. PERATONER (relatore), nella seduta del 4 dicembre 1910, sulla Memoria del dott. G. CUSMANO, intitolata: *Sopra un nuovo tipo di idrossilammin-ossime.*

L'A., che precedentemente ha preparato dall'amilene e dal pinene delle idrossilammin-ossime, applicando la nota reazione di Wallach (per le ammine) all'idrossilammina, facendola cioè reagire con i bis-nitrosocloruri dei detti idrocarburi non saturi, ottiene ora derivati simili anche dal terpineolo e dal limonene.

In tutte queste idrossilammin-ossime, a differenza di quelle finora note che sono α-γ-derivati, i gruppi azotati sono legati a due atomi di carbonio contigui, talchè si è di fronte ad un nuovo tipo di composti α-β-sostituiti.

L'A., esaminando il comportamento chimico di queste sostanze, di fronte a varî reagenti, è condotto a riunire, da un canto, in un sottogruppo le idrossilammin-ossime ottenute dall'amilene, dal pinene e dal terpineolo, le quali hanno, in complesso, notevoli analogie con i comuni derivati α-γ, pur mostrando fra loro, nello stesso sottogruppo, lievi divergenze; è obbligato a distaccare dall'altro canto, per le singolari trasformazioni che subiscono, le idrossilammin-ossime preparate dal limonene. Esse infatti, per l'azione blanda degli alcali, si mutano in composti isomeri, di proprietà totalmente diverse (non riducono più il Fehling, non si ossidano con acido nitroso; dànno la reazione di Liebermann), dai quali tuttavia, mediante l'azione degli acidi si ritorna facilmente agli isomeri di prima.

L'A. ritiene anzitutto che questi nuovi prodotti dovrebbero derivarsi da una forma stereo-isomera delle idrossilammin-ossime del limonene, provocata dall'ambiente alcalino, ma tuttavia labile; laddove la forma stabile si avrebbe in ambiente acido.

Questa isomeria sarebbe dovuta alla configurazione diversa del gruppo ossimidico, secondo l'ipotesi Hantzsch-Werner.

Assume poi l'A. che la differenza marcata fra i derivati del limonene e quelli degli altri idrocarburi sopracitati, i quali non subiscono la isomerizzazione cennata, debba riferirsi principalmente al fatto che, mentre i derivati del sottogruppo più numeroso sono oramai saturi, quelli del limonene conservano tuttavia il doppio legame: condizione, questa, favorevole alle stereo-isomerie.

Inoltre l'A. discute estesamente i risultati che ha ottenuto nelle ossidazioni delle idrossilammin-ossime del primo sottogruppo mediante acido nitroso, e dà infine un' interpretazione sua per il meccanismo di apertura dell'anello tetrametilenico nei derivati del pinene: argomento, questo, che invero non appare in un nesso molto stretto con le considerazioni svolte nel resto della Memoria.

La Commissione osserva che le interpretazioni date dal dott. Cusmano sulla isomerizzazione, che è il punto culminante del lavoro, per essere completamente accettabili, richiedono un ulteriore suffragio di esperienze, come del resto l'A. stesso riconosce proponendosi di chiarire la costituzione degli isomeri sopra cennati.

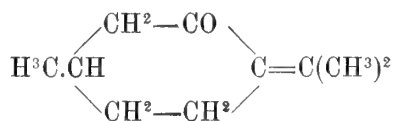
Ritiene, però, che i fatti segnalati e discussi sono indubbiamente tali, da indurre la Commissione ad un parere del tutto favorevole per la pubblicazione della Memoria negli Atti.

Sopra un nuovo tipo di idrossilammin-ossime.
Memoria di GUIDO CUSMANO.

La formazione delle idrossilammin-ossime fu osservata per la prima volta da O. Wallach [1] nel 1893, facendo agire l'idrossilammina sopra un chetone non saturo idroaromatico, il carvenone; però, uno studio particolare di tali composti fu intrapreso solo nel 1897 da Harries e allievi [2] sopra i chetoni non saturi della serie grassa ed idroaromatica. Nello stesso anno, guidati da altro intendimento, Minunni e Carta Satta [3] ottennero alcune idrossilammin-ossime dai chetoni del tipo del dibenzalacetone.

Tali ricerche hanno stabilito i fatti seguenti. L'idrossilammina reagisce con i chetoni non saturi a doppî legami in posizione diversa dall'α-β, rispetto al carbonile, allo stesso modo che con i chetoni saturi, formando, cioè, le sole ossime. Con i chetoni non saturi in α-β, invece, si comporta variamente a seconda della loro natura; così, con quelli del tipo del dibenzalacetone e quelli idroaromatici a doppî legami ciclici, forma le ossime, e insieme, attaccando il carbonile e addizionandosi ai doppî legami, le idrossilammin-ossime; con i chetoni della serie grassa, come, per esempio, l'ossido di mesitile, dà ancora le ossime, e accanto, i prodotti della sola addizione dell'idrossilammina, vale a dire le cheto-idrossilammine.

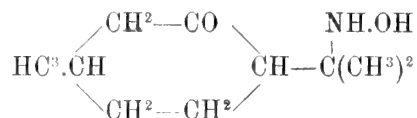
Esiste un caso in cui si possono avere sia le chetonidrossilammine, sia le idrossilammin-ossime; esso è dato dal pulegone, la cui formula,

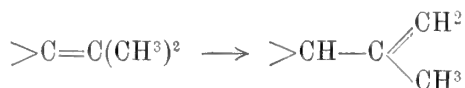
$$H^3C.CH\begin{matrix}\diagup CH^2-CO\diagdown \\ \diagdown CH^2-CH^2\diagup\end{matrix}C=C(CH^3)^2$$

dà evidentemente la spiegazione del fatto. Questo composto fornisce l'esempio più completo del modo d'azione dell'idrossilammina sui chetoni α-β non saturi.

Sino dal 1888 Pleisener [4] aveva ottenuto da esso, per riscaldamento in soluzione alcoolico-eterea con cloridrato di idrossilammina e bicarbonato sodico (metodo Beckmann per la preparazione delle ossime), un prodotto che fu ritenuto come una

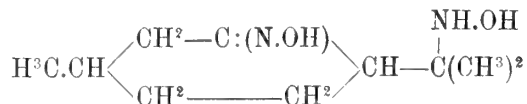
[1] Ann., *277*, 126.
[2] Ber., *30*, 2726, 2731; *31*, 1371; *32*, 1340, 1343, 3357; e Ann., *330*, 200.
[3] Gazz. chim. it., *27*, 2°, 263.
[4] Ann., *262*, 11.

ossima idrata, ma che in seguito fu da Harries [1] riconosciuto per la cheto-idrossilammina

$$\begin{array}{ccccc} & \diagup CH^2—CO \diagdown & & & NH.OH \\ HC^3.CH & & & CH— & C(CH^3)^2 \\ & \diagdown CH^2—CH^2 \diagup & & & \end{array}$$

Intanto, Wallach [2] dimostrava che, agendo sul pulegone con un eccesso di idrossilammina, in presenza d'alcali libero, si forma una vera ossima. Quest'ultima, tuttavia, non è un derivato del pulegone, poichè, idrolizzata con acido ossalico, dà invece isopulegone; nella reazione, quindi, il doppio legame del pulegone subisce uno spostamento, trasformandosi da semiciclico in etilenico:

$$>C=C(CH^3)^2 \longrightarrow >CH—C\begin{array}{l} \diagup CH^2 \\ \diagdown CH^3 \end{array}$$

L'A. citato ha riscontrato questo fatto, operando, come si è detto, in ambiente fortemente alcalino; ma qui posso osservare che anche in uno stato di alcalinità molto blando, come quello della preparazione di Pleisener già rammentata, io ho constatato [3], e in notevole quantità, la presenza dell'ossima dell'isopulegone. Del resto, non sembra che le condizioni d'ambiente siano proprio esse a determinare la posizione del doppio legame nei due chetoni; difatti, mediante la barite [4] si può avere il passaggio inverso a quello anzi descritto, cioè la trasformazione dell'iso- in pulegone; e ancora lo stesso fatto in presenza, invece, d'acido solforico diluito [5]. D'altra parte, a me [6] è occorso cambiare, per azione dell'acido cloridrico, l'ossima dell'isopulegone in una ossima isomera; e fra le varie ipotesi sulla sua costituzione, dopo quanto sopra, mi sembra possa trovar luogo anche quella che sia appunto essa l'ossima del pulegone, finora sconosciuta.

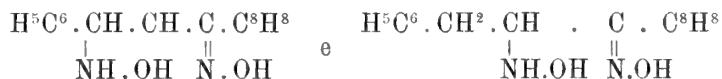
Abbiamo visto che, tanto il doppio legame, quanto il carbonile del pulegone, possono reagire separatamente con l'idrossilammina: essi, inoltre, possono reagire insieme. Difatti, di recente Semmler [7] ha descritto un idrossilammin-ossima, ottenuta direttamente dal pulegone, per la quale ha dimostrato questa formula:

$$\begin{array}{ccccc} & \diagup CH^2—C:(N.OH) \diagdown & & & NH.OH \\ H^3C.CH & & & CH— & C(CH^3)^2 \\ & \diagdown CH^2————CH^2 \diagup & & & \end{array}$$

ed io [8] ne ho trovata, in piccola quantità accanto ad essa, un'altra che ritengo in relazione d'isomeria spaziale con la prima — isomeria determinata dal gruppo ossi-

(1) Ber., *32*, 3357 (1899).
(2) Ann., *277*, 160, e *289*, 317.
(3) Gazz. chim. it., *39*, 2°, 460.
(4) Tiemann e Schmidt, Ber., *30*, 29.
(5) Wallach, Ann. *365*, 246.
(6) loc. cit., 460.
(7) Ber., *38*, 146.
(8) loc. cit.

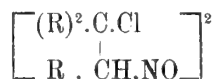
mico, ovvero dall'aprirsi del doppio legame del pulegone, in seguito all'addizione dell'idrossilammina.

Le formule date per l'idrossilammina e l'idrossilammin-ossima del pulegone mostrano come in quei composti il gruppo ossaminico occupi la posizione γ, cioè la più lontana dal carbonile, rispettivamente dal gruppo carbossimico. Ora Harries ([1]) e allievi hanno trovato che tale fatto si ripete costantemente per i derivati dei chetoni α-β non saturi grassi e idroaromatici, ottenuti per azione diretta dell'idrossilammina. Solamente Minunni ([2]), per le idrossilammin-ossime del dibenzalacetone e analoghi, lascia in dubbio la scelta fra le due formule:

$$\begin{array}{l} H^5C^6.CH.CH.C.C^8H^8 \\ \qquad\quad | \qquad \| \\ \qquad NH.OH \; N.OH \end{array} \quad e \quad \begin{array}{l} H^5C^6.CH^2.CH \;.\; C \;.\; C^8H^8 \\ \qquad\qquad\quad | \qquad \| \\ \qquad\qquad NH.OH \; N.OH \end{array}$$

D'altra parte, per una fortuita coincidenza, anche le idrossilammin-ossime ottenute per via diversa — ad esempio, la riduzione di nitro- e nitrosocomposti di ossime, e partendo, oltrechè dai chetoni, dalle aldeidi, come per il caso dell'orto-idrossilamminbenzaldossima di Bamberger e Demuth ([3]) — appartengono tutte al medesimo tipo.

Questi composti hanno offerto un vasto campo di ricerche fruttuose: basti accennare quelle di Harries e allievi, che se ne servirono per diagnosticare la posizione dei doppî legami nei chetoni idroaromatici; e inoltre quelle di Bamberger e allievi sulla costituzione dell'antranile. Perciò io ho pensato di preparare altri tipi di idroslammin-ossime, cioè con i gruppi azotati a distanze diverse dall'α-γ, nella speranza che essi fornissero fatti nuovi. Ed invero, come sarà qui riassunto, le mie aspettative non sono state deluse.

Sino a questo momento ho potuto studiare un gruppo di idrossilammin-ossime nuove, aventi i radicali ossimico e ossaminico vicini, vale a dire in α-β, e che ho ottenute, facendo agire l'idrossilammina sui bisnitrosocloruri e bisnitrosati della serie grassa e idroaromatica. Tali composti:

$$\left[\begin{array}{l} (R)^2.C.Cl \\ \qquad\;\; | \\ R\,.\,CH.NO \end{array}\right]^2$$

secondo Wallach ([4]), reagiscono con le basi, come ossime monomolecolari, sostituendo, nella maggior parte dei casi, il residuo acido con uno azotato:

$$\begin{array}{l} >C.Cl \\ \quad | \\ -C:N.OH \end{array} + H^2N.R = \begin{array}{l} >C.NH.R \\ \quad | \\ -C:N.OH \end{array} \cdot HCl$$

Talora questa reazione è accompagnata o sostituita da altre, in cui si ha eliminazione di cloruro di nitrosile e si ripristina l'idrocarburo da cui derivava il nitrosocloruro; o ancora, si elimina acido cloridrico e si forma un'ossima non satura.

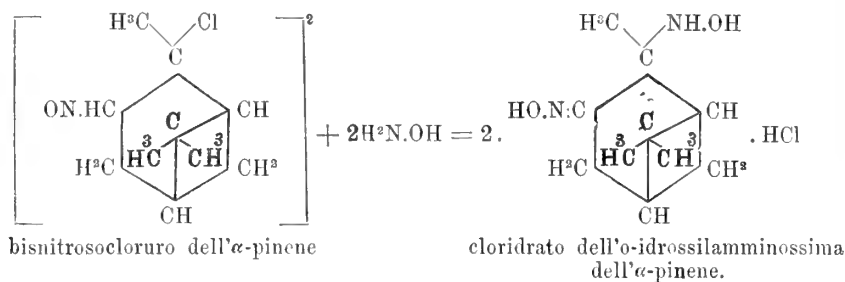
([1]) Ann. *330*, 203.
([2]) Loc. cit.
([3]) Ber., *34*, 4026.
([4]) Ann. *241*, 296; *245*, 253; *252*, 107; e Ber., *24*, 1560.

Il citato A. ha studiato il comportamento dei bisnitrosocloruri, ecc., solamente di fronte ad alcune basi, e con lo scopo principale di ottenere composti ben definiti, da servire alla caratterizzazione dei terpeni.

L'impiego dell'idrossilammina in queste reazioni, da me tentato per la prima volta, ha fornito risultati d'interesse diverso.

La base suddetta reagisce con i bisnitrosocloruri del pinene, del limonene e del terpineolo, e col bisnitrosato dell'amilene, principalmente sostituendo all'alogeno o al radicale nitrico il residuo ossamminico e formando, quindi, delle ortoidrossilammin-ossime (o α-β), con il gruppo ossamminico unito a un C terziario. Per esempio:

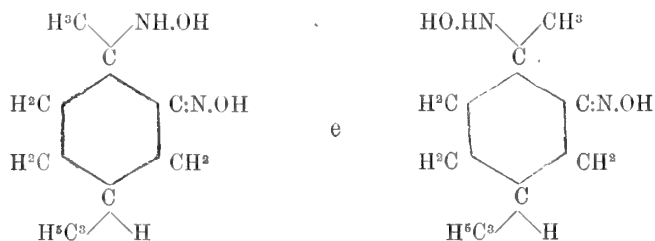
H^3C Cl — C — ON.HC — C — CH — H^2C HC CH CH^3 — CH (bracketed, $]^2$) $+ 2H^2N.OH = 2.$ H^3C NH.OH — C — HO.N:C — C — CH — H^2C HC CH CH^3 — CH . HCl

bisnitrosocloruro dell'α-pinene — cloridrato dell'o-idrossilamminossima dell'α-pinene.

Insieme, però, si hanno le reazioni secondarie osservate nell'azione delle altre basi, e, ancora, prodotti di trasformazione delle idrossilammin-ossime stesse.

I nitrosocloruri dell'α-terpineolo e dell'α-pinene sono stati impiegati nella loro forma inattiva (che per quest'ultimo terpene è, del resto, la sola che si sia potuta avere); il nitrosocloruro del limonene era il derivato, nelle due modificazioni α e β, dell'idrocarburo destrogiro. Quindi, per il pinene e il terpineolo ho ottenuto le idrossilammin-ossime inattive; per il destrolimonene, invece, da ognuna delle due modificazioni del nitrosocloruro, analogamente a quanto ha trovato Wallach ([1]) nell'azione delle comuni basi ammoniacali, due stesse idrossilammin-ossime cis-trans-isomere:

H^3C NH.OH — C — H^2C C:N.OH — H^2C CH^2 — C — H^5C^3 H

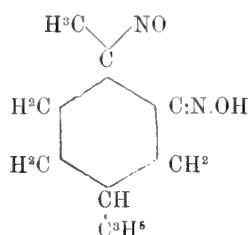
e

HO.HN CH^3 — C — H^2C C:N.OH — H^2C CH^2 — C — H^5C^3 H

Le idrossilammin-ossime α-β da me finora studiate, sono sostanze incolori, ben cristallizzate, di reazione alcalina, che formano sali monoacidi e si disciolgono negli idrati alcalini. Riducono fortemente il liquido di Fehling a freddo, mentre le comuni idrossilammine terziarie, secondo afferma Harries ([2]), non manifestano il potere riducente se non a caldo.

Le proprietà accennate sono le sole comuni a quel gruppo di corpi; nel rimanente, ognuno di essi possiede qualche carattere che lo distingue dagli altri.

([1]) Ann. *252*, 107.
([2]) Ann. *330*, 203.

Il comportamento più singolare è manifestato dalle idrossilammin-ossime del limonene [1]. Esse, difatti, si distaccano fortemente dalle congeneri e dalle comuni idrossilammin-ossime α-γ, poichè, contrariamente a quanto avviene in queste, il loro gruppo ossaminico non reagisce nè colle aldeidi per dare gli alchiliden-derivati, nè coll'acido nitroso, per dare le isonitramine. Ma, nelle condizioni in cui ordinariamente avvengono queste reazioni, o per abbandono in soluzione, o, più rapidamente, sotto l'influenza degli alcali, le idrossilammin-ossime del limonene si trasformano in un composto in bei cristalli giallo d'oro, che si scioglie ancora negli alcali e negli acidi, ma non riduce più il Fehling, e, invece, colora le soluzioni solforiche di fenolo e di difenilammina rispettivamente in azzurro-violaceo e in azzurro cupo. La sua composizione centesimale è assai vicina a quella delle idrossilammin-ossime; ma poichè essa composizione non divaria molto anche da quella di un prodotto di ossidazione del gruppo ossaminico, cioè di una nitroso-ossima:

H^3C NO
C
H^2C $C{:}N.OH$
H^2C CH^2
CH
C^3H^5

la quale si sarebbe formata, come è stato osservato per varie idrossilamminossime idroaromatiche, per ossidazione spontanea, il fatto delle reazioni cromatiche può far pensare che il composto giallo sia appunto un nitrosoderivato. Senonchè, il suo comportamento rende dubbia una tale ipotesi. Se, difatti, si tratta a freddo o a caldo, il composto giallo con acido cloridrico, esso vi si discioglie facilmente, dando una soluzione di color rosso la quale, appena preparata, lo restituisce inalterato, mediante i carbonati alcalini, e non riduce il liquido di Fehling; però, essa si decolora in modo più o meno rapido, secondo la concentrazione dell'acido, ed allora acquista proprietà riducenti, perchè *si ripristina l'idrossilamminossima che si separa ben cristallizzata allo stato di cloridrato.* Ai medesimi risultati si giunge con soluzioni comunque diluite o concentrate degli acidi *nitrico* e *solforico.* Agendo con acido cloridrico gassoso sopra una soluzione eterea del composto giallo, si forma subito un precipitato oleoso, di colore rosso, il quale, a poco a poco, cristallizza decolorandosi. Esso è costituito dal cloridrato dell'idrossilamminossima e si ottiene quasi quantitativamente, accanto ad un altro prodotto poco stabile e clorurato, che conserva alcune delle proprietà del composto giallo, ma non rappresenta un termine di passaggio tra questo e l'idrossilammin-ossima.

Il peso molecolare del composto giallo determinato crioscopicamente in acido acetico ed ebullioscopicamente in alcool risulta normale.

Dati i mezzi blandi con cui si compie il reciproco passaggio da un composto all'altro, è presumibile che fra di essi intercedano relazioni assai semplici, e si è condotti a pensare, piuttosto che a un fenomeno di ossidazione e riduzione, a un mo-

[1] Gazz. chim. it., *40*, 1, 602.

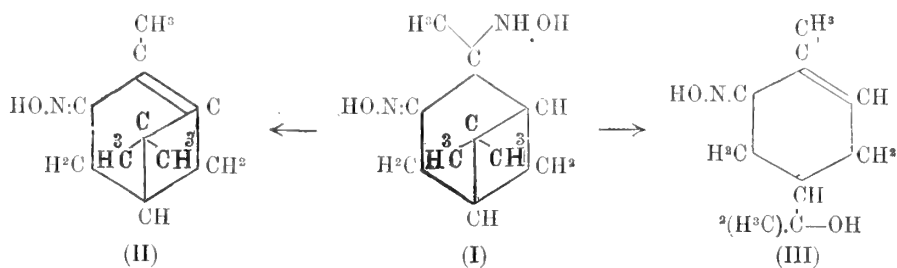
vimento intramolecolare. Lo stato delle ricerche non permette di risolvere il dubbio; e d'altra parte, nella letteratura non si ha che ciò che segue:

Come è noto, v. Baeyer [1] ha descritto due nitrosocloruri e bromuri azzurri del 4-8 bromoterpene, i quali, sotto l'azione degli acidi bromidrico e iodidrico si trasformano in β. idrossilammine terziarie; ed egli, spiegando il processo come una riduzione, trova [2] una prova indiretta di ciò nel fatto che l'acido cloridrico è invece senza azione su di essi. La generalità poi dei nitroso-composti terziarî monomolecolari azzurri, gialli o verdi, che in discreto numero si conoscono specialmente nella serie aromatica, non manifesta alcun potere ossidante sopra gli acidi nitrico, solforico e cloridrico.

Va però ricordato che le p-nitroso-aniline e p-nitroso-dimetianiline [3] si cambiano, in condizioni particolari, alla temperatura di 100-105°, con acido cloridrico concentrato, in ammine e in prodotti clorosostituiti. Il composto giallo verrà ulteriormente studiato.

Le rimanenti idrossilammin-ossime α-β, che finora ho preparate, cioè quelle dell'amilene [4], pinene [5] e terpineolo [6], al contrario quelle del limonene, si possono conservare inalterate in soluzione; e d'altra parte si comportano, in complesso, analogamente alle comuni idrossilammin-ossime α-γ. Come queste, forniscono prodotti di ossidazione (nitroso-ossime), che, per il fatto di possedere peso molecolare semplice e il gruppo nitroso unito a un C terziario, colorano le soluzioni in azzurro. Inoltre, si condensano facilmente con le aldeidi grasse ed aromatiche e, mediante l'acido nitroso, dànno isonitrammin-ossime. Sono state, tuttavia, osservate alcune differenze di comportamento anche fra i termini di questo piccolo gruppo di idrossilammin-ossime. Così, circa la possibilità ed il modo di eliminazione dei gruppi azotati, l'idrossilammin-ossima del pinene si distingue fra tutte perchè, anche mediante l'acido acetico ed ossalico diluitissimi perde il gruppo ossaminico.

L'eliminazione di questo, sebbene in condizioni differenti, si riscontra anche fra le idrossilammin-ossime α-γ; per esempio, Wallach [7] ha trovato, per quelle del carvone e carvenone, che si distacca idrossilammina e si forma un doppio legame. Nel caso dell'idrolammin-ossima del pinene (I), se le cose andassero analogamente, si dovrebbe avere il nitrosopinene (II); invece si ha ossidiidrocarvossima (III):

CH³ · C · HO.N:C · C · C · H²C · HC · CH · CH² · CH — (II) ⟵ H³C · NH.OH · C · HO.N:C · CH · C · H²C · HC · CH · CH² · CH — (I) ⟶ CH³ · C · HO.N.C · CH · H²C · CH² · CH · ²(H³C).C—OH — (III)

(1) Ber., *27*. 436; *28*, 2291.

(2) Ibid., *28*, 2293.

(3) Ibid., *8*, 895 (Jaeger).

(4) Al riguardo, sono in corso di stampa due Note nella Gazz. chim. it.

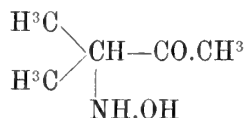
(5) Ibid., id. id.

(6) I risultati di questo studio non sono stati ancora pubblicati.

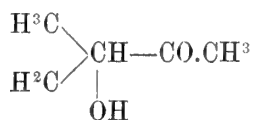
(7) Ann. 277, 124.

Tuttavia si può giungere anche al nitrosopinene, ma solo per azione degli alcali. Il meccanismo di demolizione di quest'idrossilammin-ossima sarà chiarito in seguito.

Circa l'idrossilammin-ossima dell'amilene, l'azione degli acidi, invece che sopra il gruppo ossaminico, come appunto si è visto innanzi, si esplica sul gruppo ossimico: di fatti, esso, in certe particolari condizioni, viene eliminato dall'acido cloridrico con formazione della cheto-idrossilammina:

$$\begin{array}{l} H^3C \diagdown \\ \qquad \rangle CH-CO.CH^3 \\ H^3C \diagup \quad | \\ \qquad\quad NH.OH \end{array}$$

composto questo, che rappresenta un tipo nuovo.

L'eliminazione del gruppo ossaminico si ottiene mediante gli alcali, e conduce all'alcoolossima:

$$\begin{array}{l} H^3C \diagdown \\ \qquad \rangle CH-CO.CH^3 \\ H^2C \diagup \quad | \\ \qquad\quad OH \end{array}$$

La differenza di comportamento che si osserva tra queste tre idrossilamminossime è come si vede, assai lieve; si può dire anzi, che esse formino un gruppo molto omogeneo, che si distacca nettamente dalle idrossilammin-ossime del limonene.

Un fatto che si nota subito, esaminando i due gruppi di sostanze, si è che il primo è costituito di composti saturi, e il secondo di composti non saturi. Ora, in una Nota precedente (1), passando in rassegna le chetossime idroaromatiche conosciute, mettevo in rilievo come quelle non sature presentino sempre le due forme prevedibili con le ipotesi Hantzsch-Werneriana, stabili ognuna in determinate condizioni; mentre quelle sature si manifestano sempre nella stessa forma stabile di fronte ad ogni mezzo ambiente. Con ciò non intendevo escludere la possibilità dei due stereoisomeri per le chetossime sature, — tanto più che Wallach (2) ha isolato, per alcune di queste, due derivati benzoilici isomeri, — ma stabilire la minore attitudine che esse chetossime presentano in confronto con quelle non sature, a passare, variando le condizioni d'ambiente, da una forma all'altra.

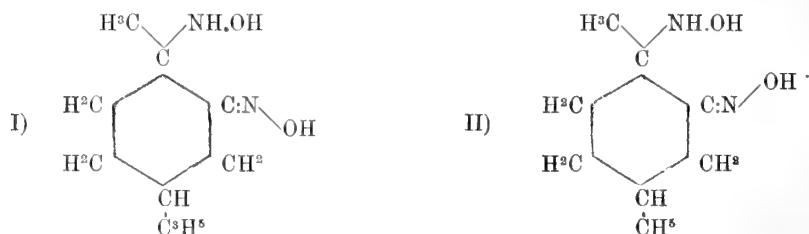
In seguito a ciò, se le idrossilammin-ossime descritte si considerano come ossime, si vede che si potranno attendere gli stereoisomeri da quelle del limonene e non dalle altre del pinene, terpineolo e dell'amilene (ossima grassa satura, per cui valgono le osservazioni fatte sopra). In questa differente attitudine delle due serie di sostanze a subire modificazioni dipendentemente dalla configurazione spaziale del radicale ossimico, io penso si possa trovare la causa della profonda diversità del loro comportamento; diversità, che altrimenti apparirebbe strana, date le analogie di costituzione. Difatti, si può ammettere, che in una delle forme sin- o anti-, i derivati del limonene possano esplicare le loro proprietà di idrossilammine, e nell'altra invece

(1) *Sulla idrossilammin-ossima α-β dell'amilene*, in corso di stampa nella Gazz. chim. it.
(2) Ann. *346*, 275.

no, perchè allora si trasformano nel corpo giallo, In altre parole, una delle forme non sarebbe che un termine di passaggio a quest'ultimo composto: epperciò, praticamente impossibile o assai difficile ad isolare. Se si accetta l'ipotesi precedente, qual'è la configurazione che si trasforma?

Nella Nota già citata, basandosi sull'analogia di altre chetossime, di cui si conosce la figura nello spazio, e sulle regolarità osservate da Hantzsch [1] e dedotte da Abegg [2] intorno alle cause che la determinano, ho dimostrato che le idrossilammin-ossime del limonene allo stato libero o di cloridrato debbono possedere la configurazione (I): cioè, l'ossidrile ossimico nella posizione più lontana dal gruppo ossamminico. Questo, allora, manifesterà il suo potere riducente. In soluzione alcalina, invece, la configurazione sarebbe la (II):

I) H^3C — C — NH.OH; anello: H^2C, H^2C, CH, CH^2, C:N—OH (OH rivolto in basso); CH — C^3H^5

II) H^3C — C — NH.OH; anello: H^2C, H^2C, CH, CH^2, C:N—OH (OH rivolto in alto); CH — CH^5

ed essa, poichè è appunto in tale mezzo che avviene più rapidamente la trasformazione dell'idrossilammin-ossima, rappresenterebbe anche il termine di passaggio suddetto.

Noto che, se il corpo giallo è un isomero delle idrossilammin-ossime, bisogna ammettere in esso, a fine di spiegare la mancanza di proprietà riducenti e le colorazioni con le soluzioni solforiche di difenilammina e di fenol, un unico complesso azotato, risultante dall'unione degli originarî gruppi ossimico e ossamminico.

Nella forma II allora l'ossidrile ossimico avrebbe parte alla sua genesi, o partecipando a un movimento intermolecolare, ovvero esplicando un'influenza sull'azoto ossammimico, sì da determinare lo svolgimento delle valenze secondarie.

Se il corpo giallo è una nitroso ossima, questa potrebbe derivare dall'idrossilammin-ossima, nel modo seguente: dapprima si formerebbe un perossido instabile del gruppo ossamminico il quale agirebbe, per così dire, da porgitore d'ossigeno: anche qui la forma II sarebbe, evidentemente, favorevole alla reazione.

Le rimanenti idrossilammin-ossime α-β, in base ai criterî sopra seguíti, possiederebbero allo stato di cloridrati una configurazione analoga a quella ammessa per i sali delle idrossilammin-ossime del limonene. Se non che, nelle idrossilammin-ossime dell'amilene, pinene e terpineolo, il gruppo ossimico tenderebbe a conservare in qualsiasi mezzo, acido o alcalino, nelle comuni condizioni, sempre quella forma: d'onde la mancanza di ulteriori trasformazioni di detti composti.

* * *

Tra i derivati delle idrossilammin-ossime dell'amilene, pinene e terpineolo, meritano speciale menzione i prodotti dell'azione dell'acido nitroso. Tale reagente, che,

(1) Ber., *25*, 2164.
(2) Ber., *32*, 291.

com'è noto, attacca con tanta facilità il gruppo ossimico, allorquando viene a trovarsi simultaneamente di fronte ad esso e al gruppo idrossilamminico, preferisce il secondo: ha luogo così la formazione di isonitraminossime. Di questi composti se ne conosceva qualcuno nella serie delle idrossilammin-ossime α-γ, descritto da Bamberger e Rudolph (¹) e da Francesconi e me (²); ma ho trovato particolarmente interessanti quelli derivati dalle idrossilammin-ossime α-β, per le seguenti ragioni:

l'isonitraminossima dell'amilene, a causa della sua grande stabilità: ciò che farà di essa — poichè sinora nella serie grassa non si erano potute ottenere isonitramine allo stato libero — un materiale prezioso per uno studio del loro comportamento:

le isonitraminossime dell'α-terpineolo e dell'α-pinene, per il loro modo di decomporsi di fronte ai diversi agenti, il quale permette di giungere a nuovi interessanti derivati dei terpeni.

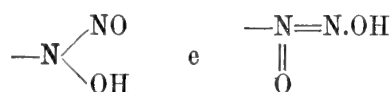
Mi fermerò brevemente su quest'ultimo argomento. Nelle due isonitramminossime ora ricordate, il gruppo isonitraminico è sempre eliminato allo stato di acido iponitroso, rispettivamente protossido d'azoto ed acqua.

Ora, in altra Nota (³) ho mostrato che l'isonitramina del pulegone (8-isonitramminomentone), si decompone in due modi:

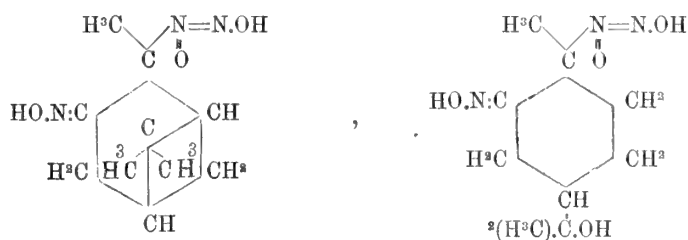
o per azione degli alcali, scindendosi in 8-ossimentone, protossido da'zoto ed acqua;

o spontaneamente, eliminando in prima fase acido nitroso, cui poi è dovuta una serie di reazioni di ossidazione e diazotazione che in definitiva conducono all'8-nitro-, all'8-nitroso- e all'8-ossimentone, azoto e acqua.

La causa dei due modi di decomposizione ritenevo doversi riportare alla possibilità del gruppo isonitroaminico di reagire secondo le forme tautomeriche

$$-N\begin{matrix}\diagup NO\\ \diagdown OH\end{matrix} \quad e \quad \begin{matrix}-N=N.OH\\ \|\\ O\end{matrix}$$

di cui l'una spiegherebbe bene l'eliminazione dell'acido nitroso, e l'altra quella dell'acido iponitroso. In seguito a ciò, le isonitroamminossime del pinene e del terpineolo reagirebbero preferibilmente secondo le formule

H³C, N=N.OH, C, O, HO.N:C, CH, C, 3, 3, H³C, HC, CH, CH³, CH ,

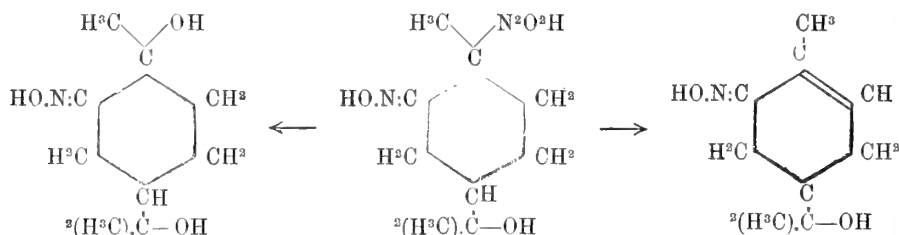
H³C, N=N.OH, C, O, HO.N:C, CH², H²C, CH², CH, ²(H³C).C.OH

Generalmente, il distaccarsi del gruppo isonitramminico viene provocato in due modi diversi:

(¹) Ber., *40*, 2236.
(²) Gazz. chim. it., *39*, 115.
(³) Gazz. chim. it., *39*, II. 453.

per azione degli acidi diluiti, o anche semplicemente riscaldando a bagnomaria con acqua, esso si compie per idrolisi, ed allora si formano ossimealcol:

per azione degli alcali si ha ancora l'idrolisi suddetta, e si giunge alle ossimealcol, ma, inoltre, il radicale isonitramminico può staccare direttamente un atomo di idrogeno di un carbonio vicino, dando luogo alla formazione di un doppio legame, vale a dire di una ossima non satura. Che la reazione decorra così, e invece non si abbiano, come composti intermedî, le ossime-alcool, si deduce dall'essere queste stabilissime di fronte agli alcali.

L'isonitrammin-ossima del terpineolo si demolisce quindi come segue:

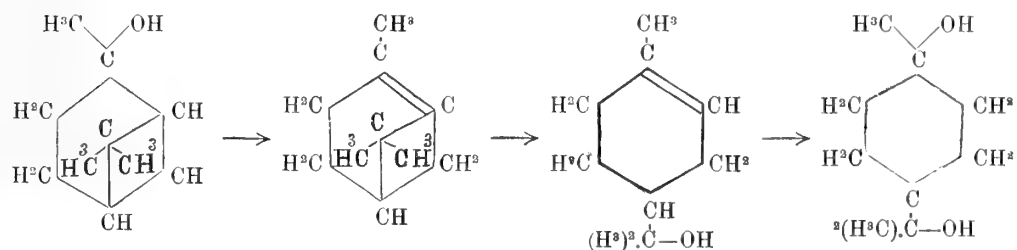
H_3C OH / C / HO.N:C CH_2 / H_2C CH_2 / CH / $_2(H_3C).\dot{C}-OH$ ⟵ H_3C N_2O_2H / C / HO.N:C CH_2 / H_2C CH_2 / CH / $_2(H_3C).\dot{C}-OH$ ⟶ CH_3 / C / HO.N:C CH / H_2C CH_2 / C / $_2(H_3C).\dot{C}-OH$

cioè nell'ossima di una chetoterpina e in ossidiidrocarvossima. Mediante gli acidi, però, dà ancora un altro prodotto, un'ossima isomera con questa ultima, e per la quale diverse sono le formule che si possono immaginare. La sua costituzione è in corso di studio.

L'isonitrammin-ossima del pinene ([1]), mediante gli alcali, si decompone a freddo, dando principalmente l'ossimalcool (o-ossipinocanfonossima od ossima del pinene idrato finora sconosciuta), e a caldo, invece, dando nitroso pinene, che, come si è accennato, non si può ottenere dalla prima. L'ossimaalcool, a sua volta, per azione dell'acido acetico od ossalico, anche diluitissimi, si trasforma quantitativamente nella isomera ossidiidrocarvossima. A tale ultimo composto si giunge direttamente, e sempre con rendimento quantitativo, per azione degli stessi acidi sull'idrossilammin-, o dell'acqua, sull'isonitrammin-ossima del pinene; ma è da ritenere, dopo quanto sopra, che esso non sia che un prodotto di trasformazione dell'ossimaalcool, la quale rappresenterebbe la prima fase della reazione.

Nel comportamento dell'ossima del pinene idrato, messo in confronto con quello del nitroso pinene e nei loro rapporti reciproci e con l'ossiidrocarvossima, ho trovato e coordinato ([2]) una serie di fatti sperimentali, che mi hanno indotto ad interpretare il meccanismo di apertura dell'anello tetrametilenico nei derivati del pinene, in modo diverso da quello sin qui seguìto.

O. Wallach ([3]), avendo osservato che il primo prodotto isolabile nell'azione degli acidi diluiti sul pinene idrato è il terpineolo-α e non la terpina (la quale invece si forma successivamente), spiega tale passaggio, ammettendo che, in una *prima fase*, in seguito ad eliminazione di acqua tra l'ossidrile e l'idrogeno del carbonio terziario

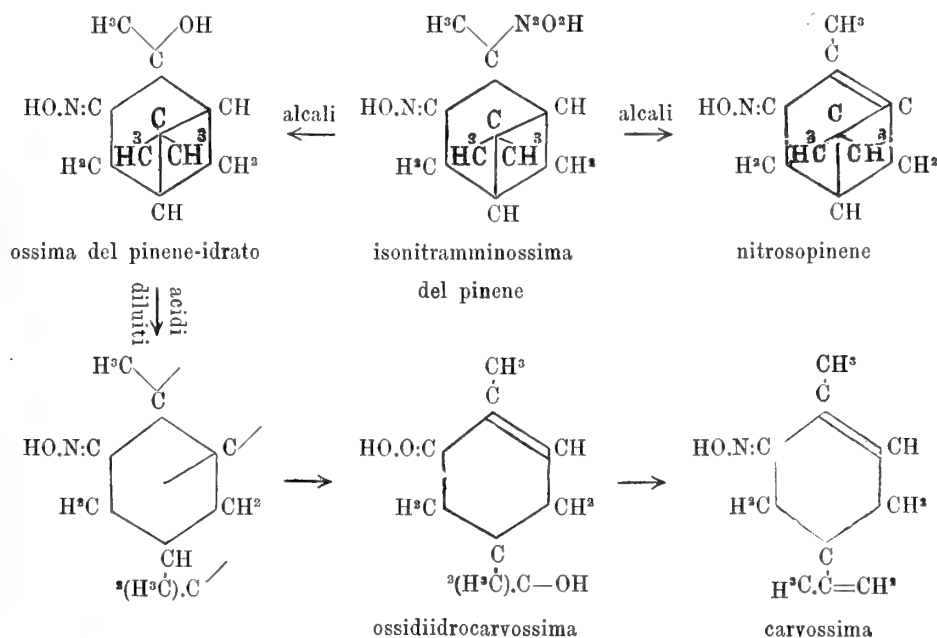
([1]) Rend. Acc. Lincei (1910), 1°, 747.
([2]) Ibid., 2°, 63.
([3]) Ann. *360*, 85-86.

vicino, ed al conseguente chiudersi di un doppio legame, si formi un prodotto intermedio. Questo però, per avere un carbonio quaternario, che diminuirebbe straordinariamente la resistenza dell'anello piceanico, sarebbe oltremodo instabile, e quindi con una successiva addizione l'acqua darebbe l'α-terpineolo:

Ora si vede, che, applicando tate meccanismo (che l'A. invoca per molti altri casi analoghi, senza per altro aver mai isolato il composto intermedio labile) al passaggio dall'ossima del pinene idrato all'ossidiidrocarvossima, si dovrebbe cadere nel nitroso pinene. Tuttavia ciò non può essere, perchè non ho mai potuto ottenere questo composto dal primo; ed inoltre da esso, operando nelle più svariate condizioni, non si giunge mai all'ossididrocarvossima o alla carvossima (che deriva facilmente da questa).

Per tali ragioni, io penso che l'azione degli acidi sull'ossima del pinene idrato, da me trovata, provochi *simultaneamente* e la eliminazione d'acqua tra l'ossidrile e l'idrogeno del carbonio terziario vicino, e la rottura del ponte, all'estremità che a questo fa capo, e che in quell'istante la molecola addizioni di nuovo acqua, assumendo l'assetto dell'ossidi-idrocarvossima. Tutto ciò è mostrato dal seguente quadro che riassume il modo di demolizione dell'isonitrammin-ossima del pinene.

ossima del pinene-idrato ← alcali — isonitramminossima del pinene — alcali → nitrosopinene

acidi diluiti ↓

→ ossidiidrocarvossima → carvossima

Secondo questo mio modo di rappresentazione, quindi, il nitrosopinene dall'isonitrammin-ossima, e l'ossi-diidrocarvossima dall'ossima del pinene idrato, prenderebbero origine a causa di perturbamenti di vastità diversa provocati nella molecola piceanica dal distaccarsi o degli elementi dell'acido iponitroso sotto l'influenza degli alcali, o di quelli dell'acqua sotto l'influenza degli acidi.

Cagliari, Istituto di Chimica generale dell'Università, agosto 1910.

RELAZIONE

letta dal Corrispondente VIOLA, a nome anche del Socio STRUEVER, nella seduta del 5 febbraio 1911, sulla Memoria del dott. MARIO FERRARI, avente per titolo: *Le rocce eruttive raccolte nel supposto giacimento granitico di Groppo del Vescovo (Apennino parmense)*.

Questa Memoria del dott. Mario Ferrari è la continuazione di una precedente Memoria dello stesso autore, già pubblicata dall'Accademia, sui supposti graniti dell'Apennino parmense.

La stessa Commissione riferì e notò allora quanto grande sia il valore di codesti lavori particolareggiati, che devono servire di base poi per un lavoro sintetico.

E il dott. Ferrari, seguendo questo indirizzo, ha fatto lo studio microscopico e chimico di rocce raccolte nel giacimento di Groppo del Vescovo, con metodi buoni ed esatti, portando così un nuovo e notevole contributo sull'argomento. Le analisi chimiche e quelle microscopiche dimostrano, concordi, il carattere del giacimento. La Commissione, considerando l'importanza geologica del problema, con piena fiducia nel lavoro, è di avviso che la Memoria del dott. Mario Ferrari sia stampata in esteso negli Atti dell'Accademia, comprese le due tavole microfotografiche annesse.

Le rocce eruttive raccolte nel supposto giacimento granitico di Groppo del Vescovo (Apennino parmense) [1].

Memoria del dott. M. FERRARI.

(con due tavole).

In una breve Nota pubblicata nei Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei [2] dell'anno 1907 i professori C. Viola e D. Sangiorgi cercarono di mostrare, per mezzo di accurate osservazioni, che uno dei maggiori giacimenti dell'Apennino parmense, giudicati comunemente granitici — il giacimento di Groppo del Vescovo — deve essere ritenuto un agglomerato di frantumi, appartenenti a rocce di tipo diverso.

Alle osservazioni fatte visitando tale giacimento ed alle deduzioni trattene, i ricordati autori si proponevano di far seguire, a conforto di queste ultime, lo studio microscopico delle varie rocce formanti il giacimento ed inoltre di presentare riprodotte le immagini delle sezioni sottili di esse. Ma altri studî già iniziati, a cui si aggiunsero le cure dell'insegnamento, non permisero agli autori suddetti di fare ciò che si erano proposti. In tal modo la Nota, che doveva compiere ed in parte illustrare la prima già apparsa, non fu pubblicata.

Frattanto, poichè intorno ai graniti dell'Apennino si conoscono ancora pochissimi studî e poichè mancano con questi gli elementi necessarî per risolvere la questione, da lungo tempo sollevata intorno all'origine ed alla natura di tali rocce eruttive, non credetti ozioso riprendere il lavoro iniziato dai professori Viola e Sangiorgi per i supposti graniti di Groppo del Vescovo e compiere intorno ad essi uno studio microscopico, al quale volli aggiungere alcune analisi chimiche. Nè queste ultime potranno apparire inutili, quando si pensi alla difficile questione da risolvere ed alla quasi assoluta mancanza di ricerche d'indole chimica, le quali dimostrino la composizione dei varî magmi, che dettero luogo alle rocce granitiche dell'Apennino settentrionale e particolarmente a quelle dell'Apennino parmense. Ai lavori infatti, che — nella Memoria pubblicata intorno al giacimento di Groppo Maggio [3] — ricordai

[1] Lavoro compiuto nell'Istituto di Mineralogia della R. Università di Parma.

[2] C. Viola e D. Sangiorgi, *Sopra i supposti giacimenti granitici dell'Apennino parmense.* Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, Classe di scienza fis., mat. e nat., vol. XVI, 1907, serie 5ª, 2° sem., fasc. 5°, pag. 332.

[3] M. Ferrari, *Studio chimico e microscopico delle rocce granito-pegmatitiche del giacimento di Groppo Maggio nell'Apennino parmense.* Memorie della Reale Accademia dei Lincei, vol. VIII, 1910, serie 5ª, pag. 172.

trattare più o meno a lungo dei graniti emiliani, seguirono soltanto, in questi ultimi tempi, una Memoria del dott. Pietro Zuffardi negli Atti della Società italiana di scienze naturali ([1]) ed un lavoro del dott. Mario Anelli nel Bollettino della Società geologica italiana ([2]). Ma nell'uno e nell'altro studio non v'ha traccia di ricerche chimiche.

Groppo del Vescovo, forse così detto perchè visto dalla Val di Magra sembra un vescovo in cocolla, è posto nell'alta valle del Baganza e ricordato quale sede di un giacimento granitico dal Pareto ([3]) e dal Del Prato ([4]). Ma una descrizione esatta di tale giacimento (tav. I, fig. 1) ([5]) trovasi soltanto nella recente Nota dei professori Viola e Sangiorgi. « Esso non ha un'estensione molto grande, nè una grande potenza, benchè superi gli altri giacimenti analoghi della regione » ; appare interposto fra gli strati marnosi-calcarei dell' Eocene e non è, almeno in modo visibile, « nè sopra, nè sotto, nè vicino a rocce verdi ». Ad una osservazione non molto attenta, può sembrare un masso granitico omogeneo, quale fu in vero giudicato da alcuni geologi; ma, veduto con cura, appare formato da varie specie di rocce, i cui frammenti, talvolta grandi, tal'altra piccoli, sono insieme riuniti dagli elementi di una roccia, che ha l'aspetto del granito. Di questa, come pure delle prime rocce, i due osservatori, già più volte ricordati, raccolsero molti e svariati esemplari allo scopo di farne oggetto dello studio microscopico, che si proponevano di compiere. In tal modo io potei giovarmi di questo materiale già raccolto per fare le osservazioni e le ricerche, che ora stimo utile di rendere note.

Le varie rocce, costituenti il supposto giacimento granitico di Groppo del Vescovo e rappresentate dai molti esemplari sopra nominati, sono in gran parte di natura eruttiva; ma in parte anche di origine sedimentaria, oppure clastica. Il mio studio fu compiuto intorno alle prime, ossia intorno a quelle di natura eruttiva. Le altre sono calcari, calcari marnosi, arenarie quarzifere. Della sezione sottile di una, fra queste ultime, presento l'immagine microscopica per dimostrare che la roccia, sebbene ad un'osservazione fatta senza aiuto di lenti possa essere determinata con qualche dubbio, dà subito a vedere, per mezzo del microscopio, la sua vera natura, sia per i minerali che la compongono (quarzo, feldispati, miche, calcare), sia per il modo secondo cui questi minerali si presentano e sono insieme riuniti (tav. II, fig. 8).

Delle rocce eruttive furono da me osservate 11 sezioni sottili, tratte da un egual numero di frammenti raccolti in parti diverse del giacimento. Dalle indagini micro-

([1]) P. Zuffardi, *Serie dei terreni fra il Taro ed il Baganza (prov. di Parma).* Atti della Società italiana di Scienze naturali, vol. XLIX, 1910, pag. 52.

([2]) M. Anelli, *Cenni petrografici sul conglomerato dei « Salti del diavolo » in Val Baganza (prov. di Parma).* Bollettino della Società geologica italiana, vol. XXIX, 1910, pag. 257.

([3]) L. Pareto, *Sur les subdivisions que l'on pourrait établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional.* Bull. de la Soc. Géolog. de France, 2° sér., tome XXII.

([4]) A. Del Prato, *La geologia dell'Apennino parmense.* Rendiconti del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere, serie 2ª, vol. XV, fasc. VII.

([5]) La fotografia, riprodotta nella tav. I, fig. 1, mi fu gentilmente favorita dal prof. D. Sangiorgi.

scopiche potei conchiudere che quelle rocce sono riducibili a quattro specie o varietà, chiaramente distinte.

Le rocce della prima specie hanno colore bianco-grigiastro e, quasi in ogni parte, struttura granulare (tav. I, fig. 2): soltanto in qualche sezione sottile appaiono ristrette zone aventi struttura frammentaria. Fra i minerali, che compongono tali rocce, dominano, per ordine di frequenza decrescente, il quarzo, l'ortose ed i plagioclasi. Le miche sono assai scarse ed il microchino manca affatto, sia nelle rocce di questa prima specie, sia in quelle delle altre specie dello stesso giacimento, che più innanzi saranno ricordate.

Il quarzo appare sotto forma di grandi o piccole lamine trasparenti ed incolore, spesso traversate da fessure, nelle quali sono talvolta contenute le associazioni di ortose e di plagioclasi, tanto diffuse nelle rocce acide di tutto il giacimento e note sotto il nome di micropertiti. Tali lamine, non regolarmente limitate, occupano in modo visibile i vani lasciati nella roccia dai minerali separatisi dal magma prima del quarzo; però, sebbene per verità non molto spesso, il quarzo, mentre non contiene che qualche esile lacinia di mica, appare anche sotto forma di grossi o di piccoli cristalli idiomorfi inchiusi nei feldispati, in special modo nell'ortoclasio ed ancora più nella micropertite.

L'ortose, molto diffuso e più o meno alterato, ha talvolta dimensioni notevoli. Non dà mai a vedere la speciale estinzione ondulata, dovuta a forti pressioni subìte, e contiene spesso cristalli idiomorfi di quarzo e di feldispati triclini: con questi ultimi però trovasi più spesso associato sotto forma di micropertite.

I plagioclasi, le cui parti più interne sono sempre mutate in mica e caolino, si mostrano talora con l'aspetto di cristalli idiomorfi inchiusi nell'ortose; ma generalmente appaiono associati a quest'ultimo come micropertiti, nelle quali sono contenuti alla lor volta cristalli ben limitati di quarzo. Lasciano vedere quasi tutti la germinazione secondo la legge dell'albite: e in quelle sezioni dei gemelli, le quali cadono normalmente o quasi al piano (010), gli angoli di estinzione simmetrica rispetto alla traccia di tale piano, toccando un valore massimo di 14°, oscillano intorno ad un angolo medio di 12°. D'altra parte, paragonati gli indici di rifrazione dei plagioclasi a quelli del quarzo, appaiono minori di ω: e nei confronti con l'indice di rifrazione dell'olio di garofani — indice all'uopo determinato per mezzo del rifrattometro di Pulfrich e trovato uguale, per la riga *D* dello spettro, a 1,538 — si riconobbe essere

$$\begin{matrix}\alpha' < \\ \gamma' \leqq\end{matrix} 1{,}538$$

Non v'ha dubbio dunque che, sia per il valore di tali indici, sia per quello, dianzi riferito, degli angoli di estinzione, i plagioclasi componenti questo primo tipo di rocce studiate debbano essere giudicati quali albiti leggermente calcifere.

Le miche, sebbene presenti nelle due varietà bianca e bruna, sono scarsissime, piegate e lacerate. La bruna, spesso mutata in sostanza cloritosa, contiene piccoli cristalli molto rifrangenti, screpolati, non determinabili: essa inoltre, quando è abbastanza conservata, mostra un dicroismo notevole.

Le rocce della seconda specie sono anch'esse bianche-grigiastre e, osservate con l'aiuto di lenti, rivelano una struttura nettamente porfirica (tav. I, fig. 3). Nelle sezioni sottili danno a vedere cristalli idiomorfi di feldispati e di quarzo, sparsi in una massa cristallina, alla cui formazione concorrono essenzialmente quarzo, feldispati e miche. E i cristalli porfirici dei due primi minerali, sebbene siano di grandezza varia, non lasciano vedere una così sensibile differenza fra loro, che faccia pensare a due tempi successivi di formazione. Spesso presentano qua e là tracce di corrosione magmatica, che appare molto evidente nei maggiori cristalli di quarzo.

L'ortose, più o meno alterato, è spesso in associazione micropertitica coi plagioclasi, i quali sono albiti leggermente calcifere, come dimostrano non soltanto gli angoli di estinzione, ma anche gli indici di rifrangenza, paragonati a quelli del quarzo ed all'indice di olii essenziali. Il quarzo, come minerale sparso in modo porfirico nella massa della roccia, è meno frequente dei feldispati. Incoloro e trasparente, non dà a vedere inchiusioni vetrose ed appare spesso sotto forma di cristalli ben limitati, bipiramidali, oppure è collegato (tav. II, fig. 5) in eleganti associazioni con l'ortose (micropegmatiti). Non raramente ha luogo l'associazione tripla di ortoclasio, feldispati triclini e quarzo, ossia quest'ultimo è contenuto in vario modo entro le pertiti. Le miche sono sparse in esili e corte laminette nella massa fondamentale. Fra esse domina la varietà bianca; la varietà bruna è ridotta a poche lacinie, più o meno alterate in sostanza cloritosa.

La terza specie di rocce eruttive ha pure struttura porfirica (tav. I, fig. 4). Già ad una prima osservazione fanno risalto, sparsi in una massa grigia-verde, grossi cristalli di feldispati e di quarzo: a questi grossi cristalli, evidentemente formati in un primo tempo e nei quali sono visibili tracce di corrosione magmatica, si aggiungono cristalli degli stessi minerali e di mica bruna, aventi dimensioni assai minori e formatisi senza dubbio in un tempo successivo.

I feldispati sono in parte ortoclasi, in parte plagioclasi acidi prossimi all'albite; il quarzo appare incoloro, trasparente, senza inchiusioni vetrose nè di altri minerali. La mica bruna, leggermente dicroica, è ricca di prodotti varî ed indeterminabili, dovuti a parziale decomposizione; contiene inoltre molti piccoli granati. In frammenti di roccia, o meglio di mica bruna, sottoposti a macinazione grossolana, si possono vedere anche alcuni prismi incolori, che, per la loro forma, il loro aspetto e la debole birifrangenza negativa, sembrano prismi di apatite. Nelle sezioni sottili tali prismi, sebbene visibili, non sono determinabili, perchè quasi sempre avvolti da altri minerali. La massa fondamentale non contiene parti vetrose: appare afanitica e ricca di aggruppamenti radiali (sferoliti), risultanti dall'associazione di quarzo e di feldispati, i cui limiti cristallini non sono sempre distinguibili fra loro (tav. II, fig. 6).

Delle tre specie o varietà di rocce, intorno alla composizione mineralogica ed alla struttura delle quali ho detto dianzi, volli conoscere anche la composizione chimica del magma, che ad esse dette luogo. A tale scopo, fra i molti frammenti raccolti, scelsi tre piccoli pezzi, che apparivano meno alterati e che meglio sembravano rappresentare, a mio avviso, il tipo medio di ciascuna delle tre specie di rocce stu-

diate. Dopo aver determinato il peso specifico di tali pezzi, ridussi questi ultimi in polvere finissima, che, seccata a 110°, sottoposi poi all'analisi quantitativa.

TABELLA I.

	1	2	3
SiO_2	77.26	77.61	72.93
Al_2O_3	11.52	12.47	13.34
FeO	1.47	0.97	2.29
CaO	1.06	0.22	1.26
MgO	tracce	0.11	0.70
K_2O	4.35	3.58	3.97
Na_2O	3.69	4.10	5.01
TiO_2, MnO, P_2O_5	tracce	tracce	tracce
SOMMA . . .	99.35	99.06	99.50
Perdita per arroventamento .	0.46	0.72	0.75
SOMMA . . .	99.81	99.78	100.25
Peso spec.	2.60	2.59	2.63

I risultati delle ricerche compiute appaiono dalla tabella I, in cui sono riferiti il peso specifico e la composizione chimica delle tre specie di rocce considerate, quale risultò direttamente dalle analisi. Nella tabella II si vede la stessa composizione,

TABELLA II.

	1	2	3
SiO_2	77.76	78.34	73.30
Al_2O_3	11.60	12.[illegible]8	13.40
FeO	1.48	1.00	2.30
CaO	1.07	0.22	1.27
MgO	—	0.11	0.71
K_2O	4.38	3 61	3.99
Na_2O	3.71	4.14	5.03
SOMMA . . .	100.00	100.00	100.00

riferita, senza computo della perdita per arroventamento, a 100 parti esatte di sostanza. Seguono nella tabella III i numeri molecolari, riferiti a 100 molecole, dai

TABELLA III.

	1	2	3
$Si\,O_2$	83.25	83.92	79.11
$Al_2\,O_3$	7.33	7.96	8.54
Fe O	1.33	0.90	2.08
Ca O	1.23	0.25	1.48
Mg O	—	0.18	0.76
$K_2\,O$	3.00	2.48	2.75
Na_2O	3.86	4.31	5.28
SOMMA . . .	100.00	100.00	100.00

TABELLA IV.

	s	A	C	F	*n*	*a*	*c*	*f*	Serie
1	83.2	6.86	0.47	2.09	5.6	14.6	1.0	4.4	
2	83.9	6.79	1.17	0.16	6.3	16.7	2.9	0.4	β
3	79.1	8.03	0.51	3.81	6.6	13.0	0.8	6.2	

TABELLA V.

	α	β	$\overline{RO} : R_2O_3 : Si\,O_2$	$R_2\,O : RO$	$Na_2\,O : K_2\,O$
1	5.31	20.1	1.28:1:11.36	2.68:1	1.29:1
2	5.24	19.2	1.02:1:10.54	5.10:1	1.74:1
3	4.16	26.4	1.45:1: 9.26	1.86:1	1.92:1

$$\overline{RO} = R_2O + RO$$

quali dedussi le formule magmatiche calcolate secondo l'Osann [1] e quelle ricavate seguendo il Loewinson-Lessing [2] (tabelle IV e V).

[1] A. Osann, *Versuch einer chemischen Classification der Eruptivgesteine.* Tschermack's mineral. u. petrogr. Mittheil., vol. 19-20, an. 1900-1903.

[2] Loewinson-Lessing, *Studien über die Eruptivgesteine.* Congrès géologique international, Compte rendu de la VIII^{eme} Session; St. Pétersbourg, 1897. (Imprimé à St. Pétersbourg, 1899).

Per meglio illustrare la composizione dei varî magmi e per paragonare questi più facilmente fra loro credetti non inutile costruire il diagramma, che si vede nella fig. 1: è un triangolo equilatero, le cui bisettrici sono divise in 20 parti per mezzo di rette parallele ai lati. La composizione della roccia è rappresentata, come è noto, da un punto, che viene determinato dall'intersecarsi di due rette, ciascuna delle quali è parallela ad un lato del triangolo e taglia sopra una delle bisettrici un segmento proporzionale ad a, oppure c, oppure f della formula di Osann.

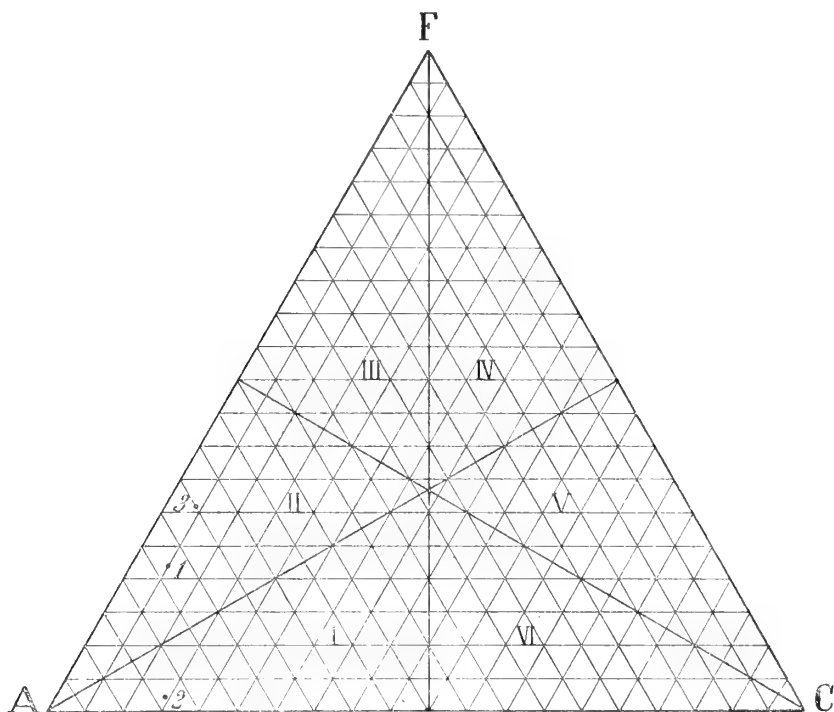



Fig. 1.

Si vede subito, osservando le formule sopra riferite ed il diagramma, quanto sieno diverse fra loro le tre specie di rocce analizzate, i cui punti corrispondenti cadono lontani l'uno dall'altro. In special modo si allontana dagli altri, per cadere nell'area limitata dai lati del triangolo I, il punto distinto dal n. 2: tale punto, infatti, rappresenta la composizione di quella, fra le tre specie di rocce studiate, che appare più povera di elementi basici bivalenti ($R_2O : RO = 5{,}10 : 1$).

Tutte le 3 rocce sottoposte all'analisi sono, come si vede, assai acide: il coefficiente α supera, almeno in quelle distinte dai nn. 1 e 2, non soltanto il valore medio, che il Loewinson-Lessing riporta per i graniti (3,91), ma anche quello calcolato dallo stesso autore per i porfidi quarziferi (4,55) [1]. S sta fra un valore massimo di 83,9

[1] Loewinson-Lessing, op. cit., parte III, pag. 447 e segg.

ed uno minimo di 79,1. Gli alcali sono in quantità notevole e fra essi domina la soda $\left(\frac{Na_2O}{K_2O} = 1{,}29;\ 1{,}74;\ 1{,}92\right)$. Per il valore di n, compreso fra 5,5 e 7,5, le tre rocce sono riferibili alla serie β dell'Osann.

Chimicamente dunque nessuna fra le 3 specie di rocce eruttive, delle quali fino ad ora ho tenuto parola, risponde alla composizione dei graniti. Una tale ricchezza di silice; una simile povertà di calce, di magnesia, di ossido ferroso; una così grande quantità di alcali, sono caratteri non dei graniti, ma piuttosto delle apliti e delle pegmatiti, oppure delle lipariti e dei porfidi quarziferi. Le ricerche chimiche sono per ciò in buon accordo con le osservazioni microscopiche ed è lecito conchiudere, dall'uno e dall'altro ordine d'indagini, che nessuna delle anzidette tre specie di rocce, appartenenti al supposto giacimento granitico, può essere giudicata quale granito. La prima specie studiata, in cui manca, come si è veduto, un regolare succedersi dei periodi di formazione dei minerali componenti, è una *pegmatite granitica*; la seconda e la terza specie devono essere ritenute piuttosto due varietà di *porfido quarzifero*, perchè, sebbene diverse l'una dall'altra, hanno tuttavia alcuni caratteri e chimici e strutturali e mineralogici, che le avvicinano.

Un quarto tipo di rocce eruttive, che pure si ritrova fra quelle del supposto giacimento granitico di Groppo del Vescovo, appartiene al gruppo delle rocce verdi; sebbene, come ho ricordato, tale giacimento non sembri essere posto nè sopra, nè sotto, nè vicino a simili rocce.

Questo quarto tipo è una *diabase* molto alterata: ciò appare non tanto dalla semplice osservazione esterna, quanto dall'analisi chimica e dall'esame microscopico. Il peso specifico fu trovato 2,64; l'analisi condusse alla seguente composizione per 100 parti di sostanza, ridotta in polvere finissima e seccata a 110°:

SiO_2	50,66	%
TiO_2	0,54	»
Al_2O_3	12,58	»
FeO, Fe_2O_3 [1]	14,39	»
MnO	1,44	»
CaO	1,90	»
MgO	6,34	»
K_2O	3,81	»
Na_2O	2,76	»
P_2O_5	tracce	»
	94,62	
Perdita per arroven.°	4,60	
Somma	99,32	

(1) Computati l'uno e l'altro sotto la forma di ossidazione inferiore; ma determinati sotto forma di ossido ferrico.

Le osservazioni microscopiche rivelarono una struttura, direi quasi, feltrosa. In una massa, infatti, che a forte ingrandimento ricorda l'aspetto di un feltro, si vedono cristalli di augite in gran parte mutata in clorite (pennino); feldispati, nei quali può ancora distinguersi la germinazione multipla secondo la legge dell'albite — ma così profondamente alterati da rendere impossibile qualsiasi riconoscimento sicuro —; aghi di anfibolo, granuli di epidoto e piccoli cristalli di calcite (tav. II, fig. 7).

1

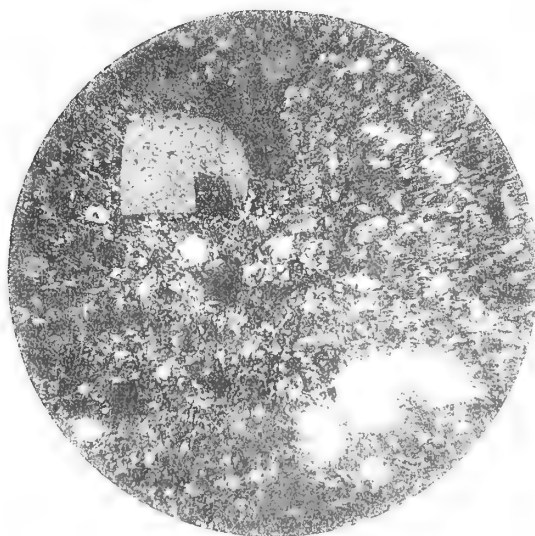
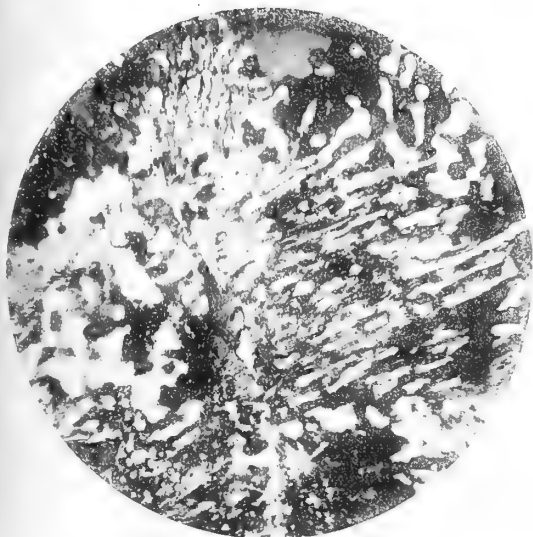
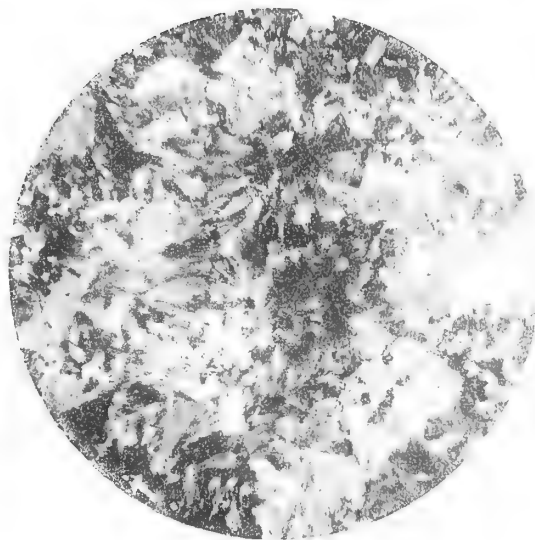
2

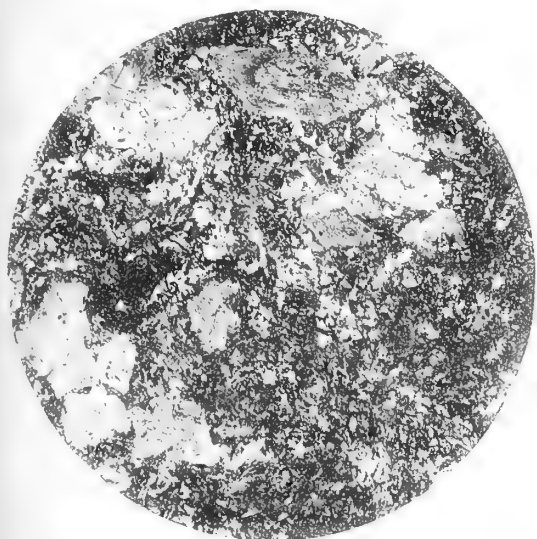
Nicols +. Ingrandº linº 16

3

4

Nicols +. Ingrandº linº 16

L'Aut. fot. Fotot. Danesi - Roma

5

6

Nicols +. Ingrand° lin° 50

7

Solo polarizzatore. Ingr° lin° 50

8

Nicols +. Ingrand° lin° 16

L'Aut. fot.

Fotot. Danesi - Roma

RELAZIONE

letta dal Socio STRUEVER, relatore, a nome anche del Corrispondente VIOLA, nella seduta del 5 febbraio 1911, sulla Memoria del dott. E. TACCONI, intitolata: *Note mineralogiche.*

Il dott. E. Tacconi, il quale da alcuni anni si occupa principalmente dello studio dei giacimenti minerali delle Alpi, ha riunito in questa Memoria i risultati delle sue ricerche cristallografiche, istituite su varii minerali raccolti da lui e dal prof. Brugnatelli nella provincia di Sondrio e ai Monzoni in Val di Fassa. Sono la Magnetite di val Malenco, la Calcite di Val Lanterna, l'Epidoto di Val Torreggio, la Cerussite di Val Fontana e la Pirite dei Monzoni.

Nella Magnetite di Val Malenco trovò due esacis-ottaedri nuovi $\{431\}$ e $\{13.91\}$; il primo nuovo per la Magnetite, il secondo non ancora trovato in nessuno dei minerali monometrici. La Calcite di Val Lanterna non gli offrì nessuna nuova forma semplice, ma qualche combinazione che non trova analogia con alcuna delle migliaia di combinazioni sino ad ora descritte. Dell'Epidoto di Val Torreggio e della Cerussite di Val Fontana, descrive le interessanti combinazioni e i geminati, e della Pirite dei Monzoni le strane deformazioni e anche una forma semplice nuova, il pentagonododecaedro $\{11.10.0\}$. Per tutti i minerali descritti l'autore dà indicazioni precise sul giacimento in cui si trovano.

La Memoria è accompagnata da 11 figure egregiamente disegnate, le quali non temono il confronto con quelle più perfette che l'arte del disegno cristallografico sino ad ora ha prodotte.

La vostra Commissione propone che la Memoria del dott. E. Tacconi sia per intero inserita negli Atti dell'Accademia, comprese le figure.

Note mineralogiche [1].

Memoria del dott. E. TACCONI

presentata nella seduta del 5 febbraio 1911.

Riunisco in questo lavoro le osservazioni compiute sopra del materiale di diverse località alpine; in parte raccolto da me ed in parte raccolto dal prof. Brugnatelli e da lui cortesemente datomi da studiare.

Magnetite di Val Malenco. — Questo minerale è assai diffuso nella Valle Malenco, come ne fanno fede le citazioni di parecchi autori: così dal catalogo dell'ingegnere Mauro [2] si rileva come la magnetite si trova all'Alpe Laguzuolo, sopra le cave d'ardesia, al Sasso d'Entova, all'Alpe Pirlo, all'Alpe Palù, in Franscia e Val Brutta. In generale però si presenta in noduli o granuli informi, oppure in cristalli i quali, pure essendo ben conformati, sono assai poveri di forme; ad esempio, il prof. Brugnatelli [3], in una Nota sui giacimenti d'amianto di Val Malenco, ricorda la magnetite di Franscia in cristalli grossi anche un centimetro, con abito rombododecaedrico od ottaedrico, aggiungendo a queste forme anche il cubo ed un triacisottaedro, che non gli fu possibile di determinare. Posteriormente alla pubblicazione della suddetta Nota, il prof. Brugnatelli raccolse nella stessa regione del nuovo materiale assai interessante e che gentilmente volle affidarmi per lo studio. Gli venne inoltre regalato uno splendido esemplare di magnetite, proveniente da un *canale* del Monte Nero e che attualmente trovasi nel Museo mineralogico della Università di Pavia.

Trattasi di un grosso rombododecaedro, incompleto, ma di dimensioni veramente eccezionali; le diagonali delle facce misurano rispettivamente una lunghezza di sei e di quattro centimetri, tanto che se il cristallo fosse completo, avrebbe un volume di circa 135 cm.^{3}. Le facce sono profondamente striate secondo la diagonale maggiore. Trattando una soluzione solforica del minerale con acqua ossigenata, ottenni evidentissima la reazione del titanio.

È conosciuto un altro cristallo analogo, che fa parte di una piccola collezione di minerali di Val Malenco, di proprietà della guida Enrico Schenati di Chiesa.

I campioni di magnetite di Franscia vennero dal prof. Brugnatelli raccolti in una vena dolomitica nella cava di amianto che trovasi a destra, dove il sentiero che conduce da Franscia in Val Brutta, sbocca appunto in questa valle; recentemente anche il sig. Gino Magistretti, appassionato e valente raccoglitore di minerali, vi raccolse pure qualche altro campione che gentilmente mi comunicò in esame.

[1] Lavoro eseguito nell'Istituto di Mineralogia dell'Università di Pavia.

[2] F. Mauro, *I minerali della Val Malenco.* Boll. del Club alpino ital., vol. 40. Torino 1910.

[3] L. Brugnatelli, *Prime contribuzioni allo studio dei giacimenti di amianto della Valle Malenco.* Rend. R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett. Milano 1897.

I cristalli di magnetite, grossi anche qualche millimetro, brillantissimi e molto ricchi di facce, si trovano sulla dolomite e sono sempre accompagnati da aragonite; in generale le facce sono perfettamente piane e splendenti, in modo da permettere buone misure al goniometro anche quando le dimensioni loro sono assai ridotte. Analogamente ai cristalli esaminati dal prof. Brugnatelli, anche questi presentano abito ottaedrico o rombododecaedrico colla presenza costante del cubo; anzi, nei cristalli con abito rombododecaedrico non è infrequente il caso in cui lo sviluppo delle facce del cubo è tale, per cui il cristallo tende ad assumere abito cubico.

Con le numerose misure goniometriche compiute, ho potuto identificare le seguenti forme:

Cristalli con *abito rombododecaedrico-cubico*: {100} {110} {111} {311} {511}, la cui combinazione è rappresentata dalla fig. 1. A queste forme dovrebbesi aggiungere anche un esacisottaedro, le cui esilissime faccette però, e per la loro estrema piccolezza e per essere piuttosto appannate, non mi permisero alcuna misura angolare.

Cristalli con *abito ottaedrico*, raffigurati nella fig. 2; sono assai più ricchi di facce, risultando dalla combinazione {100} {110} {111} {311} {511} {431} {13.91}.

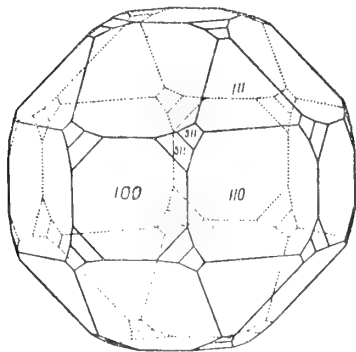



FIG. 1.

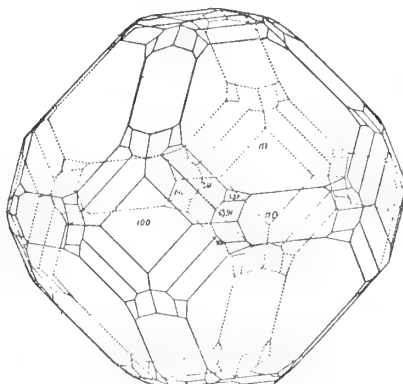



FIG. 2.

È interessante il fatto che dei due esacisottaedri, uno, il {431}, è nuovo per la magnetite, l'altro, il {13.91}, per quante ricerche abbia fatto, mi risulta nuovo non solo per questo minerale, ma per tutti i cristalli naturali. Non vi è dubbio riguardo alla loro identificazione, poichè di essi riscontrai diverse faccettine assai brillanti, che mi diedero misure abbastanza buone e che qui sotto riporto:

Spigoli	N.	Limiti delle misure	Medie	Calcolati
431 — 100	2	37° 52′ — 38° 14′	38° 3′	38° 19′ 3/4
431 — 110	—	—	13 47	13 53
431 — 111	3	24 41 — 21 57	24 49	25 4
13.91 — 100	8	34 48 — 35 3	33 52	34 51
13.91 — 110	3	10 27 — 10 51	10 41	10 55
13.91 — 111	2	32 59 — 33 21	38 10	33 15
13.91 — 511	5	24 18 — 24 34	24 26	24 21

Anche questa magnetite è titanifera, il che concorda perfettamente con le osservazioni già fatte dal prof. Brugnateli [1] a proposito della magnetite di Franscia da lui esaminata.

Calcite di Val Lanterna. — Venne raccolta dal prof. Brugnatelli in una delle cave d'amianto di Franscia. Si presenta in cristalli con due abiti diversi; i primi, molto allungati secondo l'asse principale, non sono ben conformati, hanno colore biancastro e misurano una lunghezza anche di un paio di centimetri. Risultano dalla combinazione dei prismi $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ $\{10\bar{1}\}$ coi due romboedri $\{100\}$ e $\{110\}$; le facce però sono completamente appannate, striate e curve, in modo da rendere impossibile qualunque misura.

Nei cristalli del secondo tipo predominano, per lo sviluppo, i romboedri, però presentano un aspetto che li differenzia dai comuni abiti prismatico-romboedrici; anzi in nessuna delle opere consultate in proposito (Kokscharow [2], Heuland [3], ecc.) mi fu dato di trovare qualche disegno di calcite somigliante a quello da me raffigurato nella fig. 3, che riproduce appunto, con la maggior possibile verità, l'aspetto dei cristalli di Franscia.

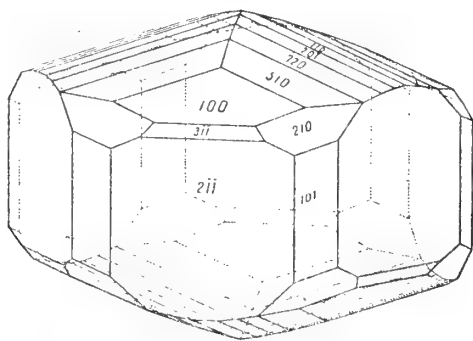



Fig. 3.

Con le numerose misure eseguite potei constatare la presenza delle seguenti forme:

$$\{2\bar{1}\bar{1}\}\ \{10\bar{1}\}\ \{100\}\ \{11\bar{3}\}\ \{110\}\ \{210\}\ \{20\bar{1}\}\ \{510\}\ \{720\}.$$

I cristalli sono molto più piccoli dei precedenti, ma meglio conformati, trasparenti e con facce splendenti: specialmente nitide sono le facce di $\{100\}$; quelle di $\{101\}$ sono striate parallelamente allo spigolo con $\{100\}$. Le facce di $\{110\}$ sono sottilissime, ed infine quelle degli scalenoedri sono striate parallelamente allo spigolo di intersezione con $\{100\}$, passando quasi l'una nell'altra, tanto che volendo, avrei potuto aumentare notevolmente il numero degli scalenoedri stessi. Mi limitai invece

[1] Op. cit.

[2] N. Kokscharow, *Materialien zur Mineralogie Russlands* (Atlante). Pietroburgo 1888.

[3] H. Heuland, *Atlas de la description d'une collection de mineraux.* Londra 1837.

a considerare quelli le cui facce davano immagini abbastanza buone al goniometro, trascurando affatto le forme vicinali.

Riporto qui sotto la tabella degli angoli misurati, messi a confronto con quelli calcolati sull'angolo fondamentale di 74° 55′, accettato da quasi tutti gli autori:

Spigoli	N.	Limiti delle misure	Medie	Calcolati
$2\bar{1}\bar{1}$ — $3\bar{1}\bar{1}$	4	13° 58′ — 14° 10′	14° 5′	14° 13′
$2\bar{1}\bar{1}$ — 100	3	44 20 — 44 29	44 25	44 23 $\frac{1}{2}$
$11\bar{2}$ — 110	3	63 45 — 63 59	63 50	63 45
$3\bar{1}\bar{1}$ — 100	4	31 13 — 31 21	31 20	31 10
100 — $20\bar{1}$	4	28 57 — 29 13	28 59	29 2
100 — 510	7	10 59 — 11 9	11 5	10 26
100 — 720	5	14 37 — 14 45	14 41	14 24
100 — 110	—	—	37 25	37 27 $\frac{1}{2}$
110 — 011	3	44 58 — 45 15	45 7	45 3
100 — 011	—	—	70 55	70 52
$20\bar{1}$ — $2\bar{1}0$	—	—	35 40	35 36
$3\bar{1}\bar{1}$ — $\bar{1}3\bar{1}$	3	65 44 — 65 51	65 48	65 50
210 — 201	—	—	28 43	28 39
$10\bar{1}$ — $3\bar{1}\bar{1}$	—	—	32 49	32 56

Epidoto di Val Torreggio. — I campioni da me studiati provengono dalla massa rocciosa che Melzi ([1]) ha definito come *roccia serpentinosa-pirossenica* del Monte della Disgrazia e Corno Bruciato. Vennero raccolti presso all'imbocco della Valletta Cassandra nella Valle Torreggio, tributaria della Valle Malenco, nella quale sbocca presso il paese di Torre. La presenza dell'Epidoto in Val Torreggio non trovasi indicata nè dal Theobald ([2]), nè dal Melzi ([3]), e nemmeno figura nei cataloghi dello Jervis ([4]) e dell'ing. Mauro ([5]). Questi però ricorda l'epidoto del passo del Muretto e dell'Alpe Pirlo; quest'ultimo presenta caratteri analoghi a quelli dell'epidoto che qui descrivo.

In generale i caratteri macroscopici e microscopici della roccia sulla quale trovasi l'epidoto, concordano con quelli determinati dal Melzi; devo però aggiungere che in taluni punti, molto probabilmente a contatto col calcare saccaroide che affiora in quella località, la roccia si modifica piuttosto profondamente, presentando struttura

([1]) G. Melzi, *Ricerche geologiche e petrografiche sulla Valle del Masino.* Giorn. di Min., Cristall. e Petr., vol. 4°, fasc. 2°. Pavia 1895.

([2]) G. Theobald *Beiträge zur geologischen Karten der Schweiz.* Geologische Beschreibung der Graubünden. Berna 1866.

([3]) Op. cit.

([4]) Jervis, *I tesori sotterranei d'Italia.* Torino 1873.

([5]) Op. cit.

minutissima e compatta, colore verde-sporco; con l'aiuto della lente si possono riconoscere delle plaghette di color rosa-chiaro giallognolo di granato, granuletti verde-pistacchio chiaro di epidoto e numerose laminette di un minerale verdognolo con aspetto cloritico.

Sulle superficie di litoclasi sono impiantati numerosi cristalli tozzi di *epidoto*, accompagnati da cristalli di *granato*, lamine di *clorite* e granuli di *magnetite.*

All'esame microscopico la roccia si rivela come un tipico *hornfels* a *epidoto* e *granato*, dove a questi due minerali predominanti sono associati in misura subordinata la *titanite*, la *clorite* e la *magnetite.*

Il granato, di colore roseo molto chiaro. è certamente il minerale più diffuso; forma delle plaghe affatto irregolari, costituendo quasi come una pasta che cementa gli altri minerali. L'epidoto segue immediatamente al granato per la sua diffusione; trovasi pur esso in plaghe irregolari, mai a contorno cristallino, intimamente commisto col minerale precedente. Spesso l'epidoto sfuma in un altro minerale di questa famiglia, avente pur esso potere rifrangente assai elevato, ma bassa doppia rifrazione la mancanza di contorno cristallino e di tracce di sfaldatura non mi permisero di stabilire con sicurezza se trattasi di zoizite o di clinozoizite: però le osservazioni in una sola lamina presentante contorno cristallino, tornerebbero piuttosto a favore della *clinozoizite.*

La titanite, oltre che in sottili venette dove è intimamente associata al granato, trovasi anche in granuli a contorno cristallino, spesso col caratteristico aspetto a doppio cuneo; si riconosce facilmente per l'alto potere rifrangente e per l'elevatissima doppia rifrazione. È incolora o leggermente rosea, senza accenno di pleocroismo e trovasi indifferentemente compresa tanto nel granato come nell'epidoto e nella clorite. Tanto i granuli come le venette, e queste in modo particolare, si presentano profondamente fessurati, conservandosi però in qualche caso, assai evidenti le tracce di sfaldatura.

La clorite, che macroscopicamente si presenta di colore verde-erba, al microscopio è affatto incolora; si trova in lamine poco ampie, senza contorno cristallino, quasi come impastata con gli altri minerali, i quali ne sono talvolta conglobati. Costituisce il minerale di più basso potere rifrangente e, fra quelli birifrangenti, segue alla clinozoizite per la doppia rifrazione; il carattere ottico è positivo, ritengo quindi trattarsi di *clinocloro.* Caratteristico è l'aspetto presentato da questo minerale a Nicols incrociati; sembra costituito da tante lamelle parallele che si estinguono successivamente, ma con estinzione quasi ondulata, o meglio passante gradualmente dall'una all'altra lamella: si direbbe quasi che ciò dipenda da una geminazione polisintetica.

I tozzi e poco ben conformati cristalli di epidoto, aventi colore verde-pistacchio, raggiungono le dimensioni di parecchi millimetri; sono impiantati per l'asse z e così costipati fra di loro che riesce impossibile staccarne degli individui interi. Dall'esame di numerosi frammenti risulta come l'abito sia prismatico secondo z, con tendenza ad essere tabulari, secondo la {100}. È povero di forme, poichè, con misure goniometriche abbastanza buone, potei identificare solo la presenza di {100} {110} {101} {10$\bar{2}$} {20$\bar{1}$} {509} {011} {$\bar{1}$11} e {001}. Frequenti sono i geminati di contatto secondo

{100}, e la fig. 4 rappresenta appunto uno di tali geminati, dove la scarsezza delle forme è ancora più evidente.

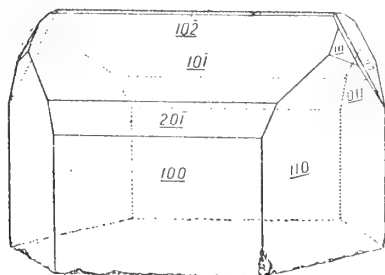



Fig. 4.

Riporto qua la tabella degli angoli misurati, messi a confronto con quelli calcolati sulle costanti date da Koksharov ($a:b:c = 1{,}5807:1:1{,}8057$. $\beta = 64^\circ\ 36'$):

Spigoli	N.	Limite delle misure	Medie	Calcolati
100 — 110	5	54°50′ — 55° 3′	54°56′	55° —
100 — $10\bar{1}$	3	51 43 — 51 56	51 50	52 —
100 — $10\bar{2}$	2	80 55 — 80 59	80 57	81 3′
100 — $20\bar{1}$	4	25 54 — 26 5	26 2	25 57
100 — 011	—	—	77 8	77 2
110 — 011	3	34 7 — 34 11	34 9	34 13
110 — $10\bar{1}$	2	69 3 — 69 10	69 6 ½	69 10 ½
$\bar{1}10$ — $\bar{1}11$	—	—	29 3	29 3
110 — 001	4	75 41 — 75 48	75 44	75 45
001 — $\bar{8}09$	2	58 27 — 58 35	58 31	58 23
001 — $\bar{1}11$	3	75 2 — 75 10	75 4	75 12
001 — $\bar{1}01$	—	—	63 48	63 42
		Geminati secondo (100)		
110 — $\bar{1}\bar{1}0$	2	69 56 — 69 58	69 57	70 —
$0\bar{1}\bar{1}$ — 011	—	—	25 54	25 58
$10\bar{1}$ — $10\bar{1}$	2	76 36 — 76 38	76 37	76 39 ½

Il granato, che accompagna spesso l'epidoto, si presenta in cristalli di dimensioni variabili da mezzo millimetro fino a qualche millimetro; ha colore rosso-giallastro più o meno carico, con abito nettamente icositetraedrico, dove però al {211} sono costantemente associati l'ottaedro ed il rombododecaedro.

Cerussite di Val Fontana. — La presenza di questo minerale nella Valle Fontana è già indicata a pag. 220 del primo volume dell'opera dello Jervis sui *Tesori sotterranei d'Italia,* dove si accenna ad una miniera di *Santa Margherita,* già lavo-

rata per l'estrazione della galena. Il Curioni ([1]), quantunque non accenni al nome di Santa Margherita, dà qualche maggiore indicazione riguardo a questa miniera, scrivendo: « La galleria di ricerca venne aperta...... all'altezza assoluta di m. 650 « circa sul fianco occidentale della Valle Rovina, presso le stalle di questo nome. « Il filone è diretto da est ad ovest magnetico ed inclinato di 15° a 20° nord, è « costituito esclusivamente dal quarzo ed ha uno spessore da 50 centim. a m. 1,30 ». Soggiunge che « ... la galena trovavasi nel quarzo nelle parti superficiali del filone « con qualche abbondanza; ma alla profondità di 50 m. si isterilì, essendo subentrato « al piombo qualche poco di arsenico nativo e di solfuro di ferro, disseminati nella « matrice quarzosa ». Io non ho potuto in nessuna maniera constatare quanto il Curioni afferma; ad ogni modo, è certo che lo sfruttamento del giacimento non deve mai essere stato molto attivo, poichè, a testimonio dei lavori eseguiti non rimane che un breve tratto di galleria, in parte otturata da una frana, ed all'esterno, una quantità non grande di sterile, costituito prevalentemente da quarzite e dove l'anno scorso raccolsi qualche piccolo campione di galena accompagnata appunto da *cerussite.*

Una descrizione cristallografica di questo minerale è data da Grattarola ([1]), ma molto sommaria e forse anche non esatta (vedi più avanti), tanto che ho creduto non privo affatto di interesse lo studio del materiale da me raccolto, quantunque, a vero dire, sia piuttosto scarso.

La cerussite si presenta in cristalli assai minuti, misurando, al massimo, una lunghezza di due millimetri e mezzo; alcuni sono immersi in una sostanza pulverulenta di colore giallo-rossastro, costituita esclusivamente da limonite, come risultò da qualche prova chimica; altri sono contenuti in piccoli geodi nella quarzite che forma la ganga della galena. I primi hanno abito tabulare e sono impiantati per l'asse y; i secondi presentano abito bipiramidale e sono terminati alle due estremità. Sono poveri di forme e non tutte le facce si prestano a buone misure goniometriche, essendo appannate od a superficie non liscia; le forme osservate sono:

$$\{010\}\ \{110\}\ \{021\}\ \{1\bar{1}0\}\ (^2).$$

Non trovai nessun cristallo semplice, poichè tutti quelli da me esaminati erano geminati secondo (110); non mi fu dato però di osservare dei geminati costituiti da più di due individui. L'aspetto loro è assai svariato; taluni sono di semplice contatto, altri di compenetrazione. I cristalli con abito tabulare sono dati da geminati di contatto, nei quali lo sviluppo dei due individui è molto diverso, poichè, come appare dalla fig. 5, mentre uno presenta abito nettamente tabulare, secondo la

([1]) G. Curioni, *Geologia applicata delle provincie lombarde.* Parte 2ª, pag. 180. Milano 1877.

([1]) G. Grattarola, *Cerussite di Val Fontana* (Media Valtellina). Estr. dai Proc. verb. della Soc. Tosc. di Sc. nat., 9 gennaio 1887; *Sulla determinazione della cerussite di Val Fontana*; Id. id., 3 luglio 1887.

([2]) Grattarola (op. cit.) non accenna affatto a geminati; dice solo che i dati cristallografici ottenuti con un goniometro di applicazione servirono a stabilire le forme {100} {010} {110} {101}. Non so se i risultati diversi da me ottenuti, dipendano dalle misure eccessivamente grossolane che certamente deve aver compiuto questo autore col goniometro di applicazione, oltre che d'aver egli esaminato del materiale diverso da quello da me raccolto.

(010), l'altro, molto sviluppato, ha abito bipiramidale, per cui la geminazione non appare, a tutta prima, che per un lievissimo sporgere di un individuo rispetto all'altro, con la formazione dell'angolo rientrante di 62°,40′ tra la (010) e la ($0\bar{1}0$).

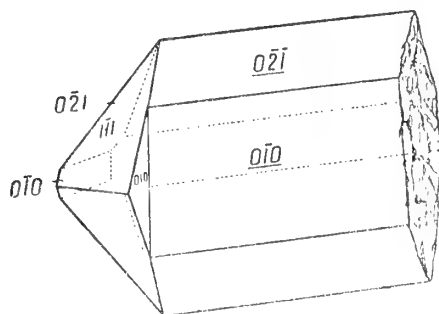



Fig. 5.

Nei geminati aventi abito bipiramidale, si osservano tanto geminati di contatto quanto di penetrazione; in generale, uno degli individui è più sviluppato dell'altro, come si osserva nella fig. 6, che riproduce un geminato simile a quello disegnato da

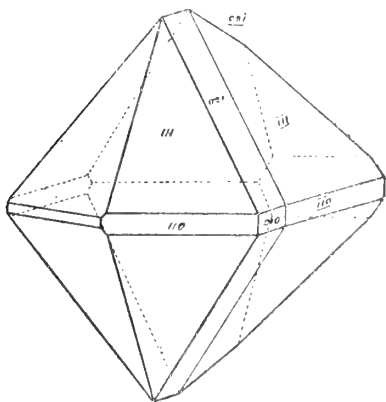
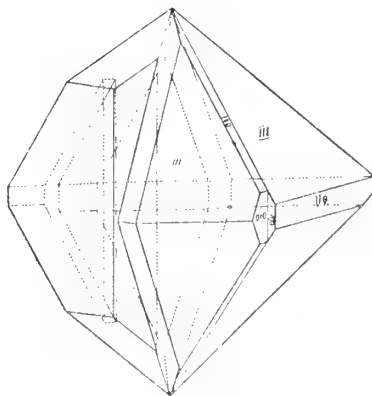



Fig 6. Fig. 7.

Artini ([1]) per la cerussite di Sardegna (fig. 3, tav. IV), ma con sviluppo limitatissimo della zona dei prismi verticali.

Nella fig. 7 è disegnato un geminato di compenetrazione, dove l'individuo, in posizione geminata, ha sviluppo maggiore dell'altro, non solo, ma nella parte posteriore si presenta come diviso in due individui in posizione parallela.

([1]) E. Artini, *Studio cristallografico della cerussite di Sardegna.* Reale Accad. dei Lincei, Mem. della Cl. di Sc. fis., mat. e nat., vol. 5°. Roma 1887.

Riporto nella seguente tabella gli angoli misurati, messi in confronto con quelli calcolati sulle costanti date da Artini per la cerussite sarda

$$(a : b : c = 0,6101 : 1 : 0,7229).$$

Spigoli	N.	Limiti delle misure	Medie	Calcolati
$110 - \bar{1}10$	—	—	62° 50′	62° 46 ½
$021 - 010$	11	34° 30′ — 34° 48′	34 41 ½	34 40
$110 - 111$	7	35 29 — 35 42	35 38	35 46 ½
$010 - 011$	—	—	64 58	65 —
$021 - 0\bar{2}1$	9	110 31 — 110 47	110 39 ¾	110 39 ¾
$111 - 1\bar{1}1$	14	49 30 — 49 55	49 47	49 59 ¾
$111 - 11\bar{1}$	8	71 36 — 71 36	71 28	71 32 ½
$111 - 021$	3	47 — — 47 15	47 11	47 9
		Geminati secondo (110)		
$010 - \underline{0\bar{1}0}$	7	62 34 — 62 48	62 40	62 46 ½
$010 - \underline{\bar{1}\bar{1}0}$	2	3 59 — 4 5	4 1	4 10
$021 - \underline{\bar{1}\bar{1}\bar{1}}$	8	3 28 — 3 40	3 37	3 34 ½
$111 - \underline{\bar{1}\bar{1}\bar{1}}$	—	—	43 31	43 34 ½

Pirite dei Monzoni. — Il prof. Strüver nel suo classico lavoro sulla pirite del Piemonte e dell'Elba [1], scrisse che « . . . . . per iscoprire un giorno le leggi che « governano le relazioni fra composizione chimica, forma cristallina e caratteri fisici, « od almeno per aprire all'analisi la strada di tentare la soluzione dell'arduo pro- « blema, sarà d'uopo di studiare anche minutamente, le forme, le proprietà fisiche « delle diverse sostanze e tutto ciò che può avere attinenza colla loro forma- « zione . . . . . ».

Ed in omagggio a questo criterio l'illustre professore descrisse minuziosamente in tale opera, l'aspetto fisico delle facce dei cristalli ed i caratteri dipendenti dalla poliedria. Non trascurò inoltre l'abito caratteristico dei cristalli, anzi ne disegnò un buon numero (tav. XII) col loro naturale aspetto e lo sviluppo reciproco delle diverse facce, osservando come « . . . . . molte delle combinazioni nelle quali entra la forma « π {210} con due od una sola delle forme semplici {100} e {110} sono distinte per « le più strane deformazioni ».

A nessuno avverrà di mettere in dubbio l'importanza di quanto è più sopra riportato; sarebbe quindi desiderabile che ricerche analoghe a quelle eseguite dallo Strüver fossero assai numerose, in modo da poter disporre di un gran numero di osservazioni, che dovrebbero servire come di base per lo studio dell'importante problema accennato dal sopracitato autore.

[1] G. Strüver, *Pirite del Piemonte e dell'Elba.* Mem. della R. Acc. di Torino. Serie II, vol. 26, Torino 1871.

Nella speranza di portare anch'io il mio modesto contributo, ho creduto di non fare opera vana disegnando alcuni cristalli di pirite con aspetto poco comune, da me raccolti nella Valletta della Cabasite ai Monzoni in Val di Fassa ([1]).

Non si tratta di materiale nuovo, almeno per la regione dei Monzoni, poichè su di esso scrissero il Doelter ([2]), il Cathrein ([3]) e più recentemente il Melczer ([4]), ed effettivamente poco ho da aggiungere a quanto questi autori, specialmente l'ultimo, hanno osservato; ma per il solo fatto che le mie osservazioni concordano con quanto constatò il prof. Strüver per i cristalli deformati di Traversella, ritengo non superfluo questo lavoro.

Il Melczer, studiando i cristalli di pirite raccolti dal sig. Felix Zeiske in una vena calcare compresa in un dosso di monzonite in una località non ben determinata tra la salita alle Selle ed il Malinverno, potè scoprire nuove forme oltre a quelle già determinate da Doelter e Cathrein ({100} {111} {210} {401} {221} {421}) e precisamente i diacisdodecaedri {754} e {643}, nuovi per la pirite, ed il triacisottaedro {332}. — Riguardo all'aspetto assai svariato e caratteristico presentato da questa pirite, Doelter dice soltanto che i cristalli sono spesso alquanto stirati; Cathrein ricorda che taluni cristalli sono aghiformi, altri prismatici; infine Melczer dice che i cristalli hanno abito piritoedrico, ma che parecchi sono allungati secondo uno degli assi principali (Hauptaxe), con aspetto rombico, altri sono deformati per il predominio di qualche faccia di cubo, e di tali cristalli l'autore dà due disegni che rassomigliano a quello da me raffigurato nella fig. 11.

Non so se questo materiale proviene dalla identica località di quello da me studiato; certo è che esistono notevoli analogie tra l'uno e l'altro.

Anche la pirite di Valle Cabasite si trova contenuta in vece di calcare spatico comprese nella monzonite; i cristalli hanno dimensioni variabili da mezzo millimetro fino a mezzo centimetro; sono solitamente ricoperti da un sottile straterello rossastro e lucente di ossido idrato di ferro, che si stacca abbastanza facilmente, liberando così le facce che a volta sono speculari, oppure striate o curve. Però il suddetto velo di ossido non impedisce le misure al goniometro, anzi quando ricopre facce striate rende possibile delle misure che altrimenti non si potrebbero compiere.

I cristalli con sviluppo pressochè normale sono rarissimi, presentando allora il comune abito piritoedrico; per la maggior parte sono deformati ed in modo così profondo e strano che senza misure goniometriche difficilmente si riesce a capirne l'orientazione. A questo proposito posso aggiungere che mentre i cristalli compresi nel calcare spatico sono tutti, senza eccezione, deformati, quelli contenuti in una specie di breccia al contatto tra il calcare e la monzonite, tendono piuttosto ad uno sviluppo normale.

([1]) Questo materiale venne raccolto durante una gita in Trentino compiuta cogli studenti del secondo biennio di Scienze naturali dell'Università di Pavia, coi fondi all'uopo legati all'Istituto mineralogico dal compianto dott. C. Riva.

([2]) C. Doelter, *Beitrage zur mineralogie der Fassa und Fleimser-Thales.* Min. Mitth. Vienna 1877.

([3]) A. Cathrein, *Beitrage zur mineralogie Tirols.* Min. Mitth., vol. 10, Vienna 1889.

([4]) G. Melczer, *Pyrit von Monzoni.* Földtani Közlöwy, vol. 32, 1902.

Le forme più comuni da me osservate sono {100} {210} {111} {221} e {421}; riscontrai pure anch'io in alcuni cristalli diverse facce del diacisdodecaedro {754}, ma non mi fu dato di constatare la presenza del {401}, del {331} e nemmeno del {643}. In un unico cristallo, e precisamente in quello rappresentato dalla fig. 11, riscontrai una faccetta rettangolare, abbastanza ampia e nitida, che dalle misure goniometriche risultò appartenere ad un pentagono dodecaedro di simbolo {11. 10. 0}, forma che ritengo nuova per la pirite; le misure che servirono ad identificarla sono:

Spigoli	Angoli	
	misurati	calcolati
100 — 11. 10. 0	42° 30′	42° 16′ 1/2
111 — 11. 10. 0	35 15	35 21
421 — 11. 10. 0	20 12	20 2 1/3
221 — 11. 10. 0	19 25	19 39

In tutti i cristalli da me esaminati sono costantemente predominanti le facce di {210}, alle quali seguono più o meno subordinate, quelle di cubo e di ottaedro;

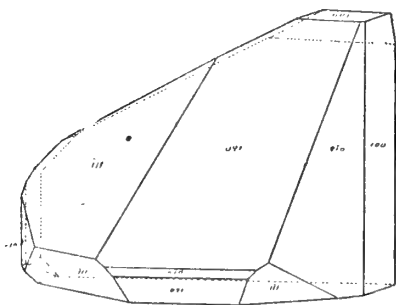



Fig. 8.

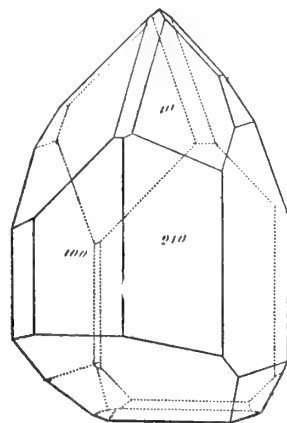



Fig. 9.

solitamente i cristalli sono molto allungati secondo uno degli assi cristallografici, taluni tendono ad un abito tabulare per un grandissimo sviluppo di una faccia di cubo (fig. 8). Nei disegni annessi ho raffigurato qualcuno dei cristalli esaminati, cercando di rispettare più che mi fu possibile il loro caratteristico aspetto; credo superfluo descriverli minutamente, solo ricordo il fatto che molti cristalli, mentre si presentano assai ricchi di facce in taluni ottanti, ne sono assai poveri in quelli opposti; un esempio tipico è dato dalla fig. 10. Le forme semplici che, con un numero maggiore o minore di facce, sono presenti in ciascuno dei cristalli disegnati, sono:

Fig. 8 e 9: {100} {111} {210}.
Fig. 10: {100} {111} {210} {221} {421} {754}.
Fig. 11: {100} {111} {210} {11. 10. 0} {221} {421} {754}.

Per riguardo all'aspetto fisico delle facce, i cristalli da me esaminati non presentano nulla che meriti un cenno di descrizione.

Prima di finire ricordo ancora che le mie osservazioni concordano con quanto constatò lo Strüver per i cristalli deformati di Traversella, circa lo sviluppo prevalente della {210}.

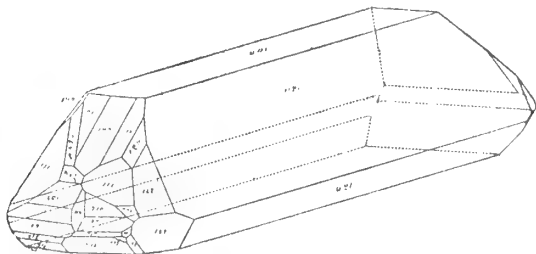



Fig. 10.

Inoltre credo non sia da trascurare l'osservazione che tanto ai Monzoni come a Traversella i cristalli deformati si trovano compresi nel calcare spatico e che la loro

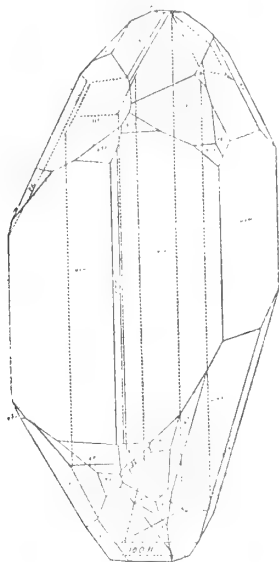



Fig. 11.

deformazione è stata certamente originaria, cioè i cristalli si sono formati con sviluppo anormale. Non so quale importanza potrà avere questo fatto, però ho creduto conveniente richiamare l'attenzione su di esso perchè, contrariamente a quanto si osserva per la pirite nelle suddette condizioni, nei calcari e nelle dolomie saccaroidi come ho potuto constatare per quelli di Candoglia e Crevola nell'Ossola, i cristalli di pirite presentano uno sviluppo piuttosto regolare; o quanto meno se sono deformati, devono la deformazione a fenomeni posteriori alla loro origine, per cui si presentano compressi, schiacciati e rotti, tanto che su di essi difficilmente si possono compiere misure goniometriche.

Ricerche sopra l'olivile.

I. Memoria del Socio G. KOERNER e del dott. B. L. VANZETTI

letta nella seduta del 3 giugno 1911.

I.

Alcuni anni or sono, in una Nota presentata a questa Accademia (¹) abbiamo esposti sommariamente i risultati di alcune nostre ricerche sull'*olivile*, principale sostanza cristallizzabile contenuta nella gomma dell'olivo, e su alcuni suoi derivati, deducendone, per l'olivile stesso, in base a numerose ricerche analitiche, la formola $C_{20}H_{24}O_7$. La grande difficoltà che queste sostanze offrono ad una combustione perfetta, ci indussero a moltiplicare il numero delle prove su campioni preparati da gomma di diverse origini e purificati per vie differenti, con la massima cura (²).

Questo lungo lavoro di preparazione, che doveva fornire il materiale necessario per interpretare la costituzione chimica di questa sostanza eccezionalmente interessante, ed eventualmente la sua origine, ci diede agio di studiare i caratteri fisici e chimici dell'*olivile* nelle varie forme ottenibili e di molti suoi prodotti di trasformazione. In questa Memoria ci proponiamo appunto di raccogliere ora tutti i dati e di descrivere le principali trasformazioni che questi prodotti possono subire. In una seconda Memoria descriveremo i derivati, che, si ottengono per ossidazione del composto isomero all'olivile: l'*isolivile.*

L'estrazione dell'olivile dalla gomma, secondo Pelletier e Sobrero, veniva preceduta un tempo dal trattamento della sostanza finamente polverizzata, mediante etere, allo scopo di estrarre la parte resinosa, che accompagna il prodotto principale; sul residuo si eseguiva poi l'estrazione con alcool forte, da cui si lasciava cristallizzare. Il trattamento con etere però non riesce bene, poichè facilmente la polvere si raggruma in una massa compatta, che non cede più nulla al solvente; il procedimento perciò non è consigliabile, tanto più che si può raggiungere più rapidamente

(¹) Koerner e Vanzetti, Rend. Acc. Lincei, vol. XII, s. 5ª, 1° sem., fasc. 4°, 1903.

(²) Non dèsti maraviglia il grande numero di analisi eseguito sui vari prodotti. Tutti questi composti bruciano male e separano nella combustione del carbonio grafico, perciò la percentuale di carbonio appare quasi sempre un po' bassa; ciò spiega come i diversi autori, che si sono occupati di queste sostanze, siano venuti a conclusioni discordi per ciò che riguarda anche la loro formola grezza.

ed in modo più semplice lo scopo: la gomma polverizzata si fa bollire con alcool di 95°, fino a che tutta la parte solubile è estratta; rimane così indisciolto un residuo relativamente esiguo (7-8 %). Per raffreddamento della soluzione alcoolica cristallizza da prima l'olivile grezzo in masse granulari, che aspirate su filtro, lavate e ricristallizzate una o due volte, con aggiunta di nero animale forniscono un prodotto bianco cristallizzato in aghi disposti a sfera. Da certe qualità di gomma, che si presentano in masse bianco-sporco ambrate, in gran parte opache, si possono ottenere così quantità di olivile, che raggiungono in peso il 50 % della gomma adoperata. L'estrazione si può fare parimenti con alcool metilico concentrato; in questo caso la separazione della massa cristallina si ottiene con maggiore facilità. Durante il raffreddamento della soluzione alcoolica si separa ordinariamente una sostanza bianca leggerissima, diversa nell'aspetto dall'olivile stesso, che si può allontanare almeno in parte, decantando opportunamente il liquido e filtrando rapidamente; essa resta però sempre unita ad olivile. Si è accertato che questa sostanza è costituita in gran parte da *mannite*; e ciò in base alla determinazione dei caratteri fisici e chimici ed ai risultati dell'analisi elementare. Per ottenere l'olivile affatto esente da questo prodotto, conviene ricristallizzare la massa dall'acqua, nella quale l'olivile è molto meno solubile. Nelle acque madri alcoliche, da cui è cristallizzato l'etilalcolato, rimane circa il 50 % della gomma sotto forma di sostanza bruna gommosa, che neanche nel corso di parecchi anni ha mai accennato ad assumere, sia pure parzialmente, l'aspetto cristallino.

L'*olivile* quando cristallizza dall'alcool, o dall'acqua, trattiene ordinariamente una molecola di solvente. che vi si combina come alcool o acqua di cristallizzazione. I composti che ne risultano sono relativamente stabili e perdono la molecola del solvente solo a temperature prossime ai 100°. Oltre all'acqua ed agli alcoli etilico e metilico, si possono in questa guisa combinare anche molti altri alcoli primarî e secondarî, e così l'*idrato*, come gli *alcoolati* che se ne ottengono, assumono forma cristallina caratteristica (per lo più aghi prismatici schiacciati e raggruppati a sfera) e presentano una composizione costante.

In un alcole terziario (trimetilcarbinolo) e nel primo alcole della serie aromatica (benzilico) l'olivile si discioglie pure con una certa facilità, specialmente a caldo, ma il prodotto che ne cristallizza non contiene affatto del solvente, tranne quelle tracce che possono rimanere incluse meccanicamente nelle masse cristalline.

Descriveremo dettagliatamente queste sostanze, incominciando dall'olivile ottenuto per cristallizzazione da alcole etilico, per essere questo il prodotto studiato per primo e che costituisce in certo modo il punto di partenza per la preparazione di tutti gli altri.

Etilalcolato di olivile: $C_{22} H_{30} O_8$; ($C_{20} H_{24} O_7 . C_2 H_6 O$).

È il prodotto che si ottiene per estrazione diretta della gomma di ulivo, mediante alcole etilico concentrato. La sua purificazione si ha per successive cristallizzazioni del solvente, in cui è tanto meno solubile, quanto più è puro. A ebullizione 100 parti di alcole etilico (al 98 %) disciolgono circa 9.7 parti di olivile; a freddo

(22°) rimangono in soluzione solo 0.7 %. (Per la solubilità nell'acqua vedi avanti: *idrato di olivile*).

Cristallizza in aghetti bianchissimi disposti a sfera, il cui punto di fusione è a circa 120° (per tutti questi derivati contenenti il solvente, il punto di fusione non è molto netto e varia, naturalmente entro pochi gradi, a seconda che il tubetto che contiene la sostanza viene riscaldato lentamente, o portato rapidamente alla temperatura di fusione).

È solubile a freddo nelle soluzioni di alcali caustici; da queste soluzioni viene riprecipitato (idrato o anidro) dall'anidride carbonica (*funzione fenolica*).

Per l'analisi elementare quantitativa si dovettero adottare speciali cautele, perchè tanto questa sostanza quanto tutti gli altri derivati bruciano con molta difficoltà. Si eseguirono perciò lo combustioni, per la massima parte, in tubo aperto, lungo almeno 75 cm., in corrente di ossigeno: la sostanza mescolata intimamente con ossido di rame in polvere e posta in una navicella di rame lunga circa 12 cm. Non ostante questo dispositivo la combustione completa della sostanza richiedeva talvolta un numero di ore più che doppio di quello che occorre per una combustione ordinaria.

I dati qui esposti si riferiscono a campioni di diversa origine, ottenuti in epoche diverse:

I.	Gr. 0.3305	di sostanza	diedero gr.	0.7540	di CO_2	e gr.	0.2126	di H_2O
II.	» 0.2718	»	»	0.6201	»		0.1744	»
III.	» 0.2910	»	»	0.6630	»		0.1860	»
IV.	» 0.2704	»	»	0.6172	»		0.1793	»
V.	» 0.2346	»	»	0.5347	»		0.1568	»
VI.	» 0.2559	»	»	0.5817	»		0.1676	»
VII.	» 0.2764	»	»	0.6299	»		0.1845	»
VIII.	» 0.3409	»	»	0.7756	»		0.2222	»
IX.	» 0.2568	»	»	—	»		0.1684	»

corrispondenti a:

I.	C %	62.21	H %	7.14	
II.	»	62.22	»	7.12	
III.	»	62.13	»	7.10	
IV.	»	62.33	»	7.36	
V.	»	62,12	»	7.42	
VI.	»	62.20	»	7.28	
VII.	»	62.12	»	7.42	
VIII.	»	62.06	»	7.24	
IX.	»	—	»	7.25	
X.	»	62.20	»	7.12	due vecchie analisi
XI.	»	62.22	»	7.14	
Media	»	*62.18*	»	*7.23*	

La formola $C_{20}H_{24}O_7 . C_2H_6O$ richiede: C % **62.55** H % **7.11**.

Per quanto la natura fenolica della sostanza desse poco affidamento, si tentarono alcune determinazioni di peso molecolare, e mentre col metodo crioscopico (solvente *fenolo*) si ebbero valori corrispondenti a circa metà di quello calcolato, col metodo ebullioscopico (solvente *alcool*) si ottennero i seguenti valori:

I.	Conc. (calc. come esente di alcool)	C = 2.035 ;	inn. term. = 0.070° ;	P.M. = 334
II.	» »	C = 2.989 ;	» = 0.100° ;	» = 343
III.	» »	C = 4.767 ;	» = 0.146° ;	» = 375

mentre il peso molecolare per $C_{20}H_{24}O_7$ è = **376**.

Se l'etilalcolato di olivile si riscalda oltre 100° incomincia a perdere l'alcool di cristallizzazione, il quale se ne va rapidamente e completamente a temperatura di poco superiore al punto di fusione. Però data la natura fenolica del composto, il riscaldamento all'aria dà luogo ad imbrunimento più o meno intenso della sostanza, dovuto ad una alterazione prodotta da lenta ossidazione. Se invece si riscalda in un'atmosfera di gas inerte, ed in pratica si presta bene una corrente di anidride carbonica secca, la quale trasporta via l'alcool, si può ottenere già dopo un'ora a 150° circa (bagno d'olio) l'*olivile puro*, sotto forma di una massa fusa perfettamente incolora, fortemente rifrangente. In questo modo appunto si sono preparate le quantità necessarie di olivile esente da solventi, che occorrevano per le successive trasformazioni (vedi avanti). Alcune determinazioni dell'alcool contenuto nei diversi campioni di etilalcolato, diedero i seguenti risultati:

Gr. 0.5541	di alcolato	perdettero in peso gr.	0.0606	corrisp. a	10.93 % di alcool.
» 9.1075	»	» »	1.0047	»	11.03 »
» 20.80	»	» »	2.80	»	10.99 »
				In media:	*10.98*

La formola $C_{20}H_{24}O_7 . C_2H_6O$ richiede: Alcool % **10.90**.

Durante il riscaldamento, la massa, giunta a fusione, si rigonfia e si formano bolle per l'alcool che si svolge; quando questo è eliminato completamente, la sostanza fusa prende l'aspetto di un olio trasparente denso perfettamente limpido e incoloro, il quale, riscaldato ulteriormente a temperature superiori a 200°, incomincia a subire decomposizione profonda, e finalmente distilla un prodotto volatile di odore grato, il quale prodotto all'analisi venne riconosciuto per *creosolo*. Se la distillazione si eseguisce a pressione ridotta, e, meglio, nel vuoto ottenuto con una pompa a mercurio, il prodotto che si ottiene è più puro ed in quantità rilevante. Una ulteriore purificazione si può ottenere ridistillandolo in corrente di vapor d'acqua.

L'etilalcolato di olivile, come tutti i derivati contenenti acqua, o altri alcoli al posto dell'etilico, devia considerevolmente il piano della luce polarizzata verso *sinistra*. Da una soluzione in alcool etilico di 98°.5 si ha:

per una concentrazione: $c = 0.733$ a 22° (satura): $\alpha = -0.25$ (tubo di 15 cm.)

da cui:

$$[\alpha]_D^{22°} = -23°.8.$$

Idrato di olivile: $C_{20}H_{26}O_8$. ($C_{20}H_{24}O_7 . H_2O$).

Se si riscalda a 80° con molta acqua (circa 1:40) l'olivile estratto con alcole, se ne ottiene una soluzione che, lasciata raffreddare, depone dei cristalli di olivile contenenti una molecola di acqua di cristallizzazione. Anche questi cristalli, come quelli dell'etilalcolato, sono disposti a sfera; sono però ordinariamente più grossi, prismatici, dotati di minor splendore. Il punto di fusione è a circa *105°*.

All'analisi si ebbero i seguenti risultati:

I.	C %	60.69	H %	6.59
II.	»	60.70	»	6.60
III.	»	60.85	»	6.56
IV.	»	60.71	»	6.62
V.	»	60.61	»	6.47
VI.	»	60.75	»	6.54
	Media	*60.72*		*6.57*

La formola $C_{20}H_{24}O_7 . H_2O$ richiede: C % **60.91**. H % **6.59**.

Questo idrato perde l'acqua di cristallizzazione quando viene riscaldato a lungo poco sopra 100°. Il riscaldamento all'aria produce però a lungo andare una alterazione più o meno profonda sull'olivile, che si annuncia con un imbrunimento, dovuto ad una ossidazione della sostanza contenente la funzione fenolica, da parte dell'ossigeno dell'aria (analogamente a quanto avviene per l'alcolato):

Gr. 1.8188 di idrato d'olivile, scaldati a 100° nella stufa ad acqua calda (senza fondere), perdettero in peso:

dopo 3 ore:	gr. 0.0846	corrispondenti al	4.62 %	di acqua
» 6 »	» 0.0866	»	4.76	»
» 8 »	» 0.0868	»	4.77	»
» 10 »	» 0.0860	»	(4.73)	»

Una molecola di idrato $C_{20}H_{24}O_7 . H_2O$ contiene **4.57** % di acqua.

Come si vede, dopo alcune ore il peso della sostanza incomincia ad aumentare, e l'aumento è accompagnato da imbrunimento. Altre due prove diedero il seguente risultato:

Gr. 2.6262 di olivile idrato, nelle condizioni sopra descritte, subirono una perdita di gr. 0.1252 corrispondente a *4.77* °/₀ di H_2O.

Gr. 60 (sostanza secca all'aria) perdettero gr. 2.8, corrispondente a *4.67* °/₀.

Sottoposto all'analisi, il prodotto così ottenuto diede il seguente risultato:

Gr. 0.4631 di sostanza diedero gr. 1.0790 di CO_2 e gr. 0.2710 di H_2O corrispondenti a: C °/₀ *63.54* H °/₀ *6.50*.

La formola $C_{20}H_{24}O_7$ richiede: C °/₀ **63.83** H °/₀ **6.38** (v. avanti: *olivile anidro*).

Se invece di riscaldare l'idrato all'aria, si fa l'operazione su bagno d'olio in corrente di CO_2 secca, la disidratazione e la fusione consecutiva avvengono senza che il prodotto si colori, e si ottiene quindi una massa identica a quella fornita per la stessa via dall'alcoolato sopra descritto.

La determinazione dell'acqua, in questo modo, eseguita su un campione di bellissima apparenza, diede:

Gr. 1.0836 di idrato d'olivile perdettero in peso gr. 0.0505 corrisp. a *4.66* °/₀ di acqua.

In nessun caso riscontrammo un altro idrato contenente minor quantità di acqua di cristallizzazione (secondo Sobrero gli idrati sarebbero due: uno che cede 2.56-3.33 °/₀ di acqua, e l'altro 5.95-6.17 °/₀); nè crediamo che esso esista. L'affermazione del Sobrero si può spiegare tenendo conto del fatto che da una soluzione acquosa concentrata a caldo, specialmente se la temperatura supera 90°, l'olivile può separarsi anidro almeno in parte; in questo caso ciò che si separa è una miscela dei prodotti anidro ed idrato in proporzioni variabili. I limiti piuttosto larghi, entro i quali variano i risultati delle determinazioni del Sobrero, parlano in favore di questa interpretazione. Una dimostrazione diretta di ciò si ha portando all'abullizione dell'acqua in cui si trovi dell'olivile idrato in quantità maggiore di quanto comporti la sua solubilità: allora si osserva che una parte della massa indisciolta entra in fusione e si mantiene fusa fino a temperature inferiori di poco ai 70°, come avviene per l'olivile anidro amorfo (vedi avanti) e si può dimostrare che la parte fusa è costituita da olivile anidro.

Se poi si determina l'acqua di cristallizzazione su varie porzioni di idrato, che si depongono dalla soluzione acquosa durante il raffreddamento, si osserva che i cristalli, formatisi fin che la soluzione è ancora calda e sovrasatura, contengono una quantità d'acqua inferiore al teorico (vedi sotto: *a* e *b*); quelli che si depositano dopo raffreddamento, contengono la quantità corrispondente ad una molecola d'acqua (*c*), o poco più, dovuto verosimilmente a tracce di acqua inclusa, che difficilmente si possono allontanare:

a)	gr. 3.5212	di sostanza	diedero gr.	0.1417	di acqua,	corrisp. a	4,11 °/₀
b)	» 2.8406	»	»	0.1192	»	»	4.19
c)	» 3.1290	»	»	0.1483	»	»	4.74

anzichè **4.57** °/₀ (calc.). Tutte queste determinazioni si fecero in corrente di anidride carbonica secca (un'ora a 150°).

Anche l'idrato di olivile si discioglie negli alcali caustici in soluzione acquosa (ammoniaca, idrato sodico o potassico) e da queste soluzioni viene precipitato dall'anidride carbonica. Perchè la precipitazione sia completa occorre però che l'anidride carbonica sia condotta nel liquido fino a saturazione completa. Questo comportamento è dovuto alla presenza della funzione fenolica nella molecola. Si è potuto però accertare che vicino agli ossidrili fenici liberi ve ne sono anche di eterificati e, più precisamente, *metilati*. Si fecero alcune determinazioni di questi gruppi ossimetilici, ricorrendo al metodo di Zeisel e si venne così a stabilire che la decima parte del carbonio contenuto nell'olivile si trova appunto sotto questa forma; ciò che autorizzava a credere che la formola dell'olivile e dei suoi derivati più prossimi contenesse almeno 10 atomi di carbonio, o un multiplo di 10. E ciò prima che si fosse trovato un solvente adatto all'applicazione del metodo di Beckmann per determinarne il peso molecolare. Una volta ammesso che la molecola dell'olivile contenga 20 atomi di carbonio, ne risulta che i gruppi ossimetilici devono essere due:

Determinazione dei gruppi ossimetilici:

I.	Gr. 0.3142	di idrato d'olivile	diedero gr.	0.3626	di Ag I
II.	» 0.3696	»	»	0.4362	»
III.	» 0.3428	»	»	0.3974	»

corrispondenti a:

I.	15.21 °/₀ di ossimetile sul peso della sostanza, e	5.89	°/₀ in peso di carbonio dell'ossimetile.
II.	15.57 » » »	6.03	» »
III.	15.29 » » »	5.92	» »
Media	*15.36*	*5.95*	

mentre il teorico per $C_{18}H_{18}O_6(OCH_3)_2 . H_2O$ è **15.74** °/₀ di ossimetile, corrispondente a **6.09** °/₀ di carbonio dell'ossimetile.

L'idrato di olivile trattato con *acido solforico concentrato* dà una colorazione rosso-bruna intensa, che per aggiunta di acqua diventa violacea, mentre il composto si separa di nuovo insolubile.

Gli *acidi diluiti* minerali (2 °/₀₀ di ac. solforico, o cloridrico) esercitano sull'olivile un'azione notevole, dando luogo ad una trasformazione che può essere istantanea a temperatura elevata: si forma allora una sostanza resinosa, l'*olivirutina*, che per i suoi caratteri fisici e chimici è paragonabile alla saliretina ed è da considerarsi probabilmente come un prodotto di condensazione dell'olivile.

L'*acido acetico* diluito (1:4) a caldo trasforma completamente l'olivile in una sostanza nuova isomera (v. sotto: *isolivile*). L'acido formico agisce in egual maniera.

Per azione dell'*idrato potassico* in soluzione concentrata a caldo (con mezza atmosfera di sovrapressione) si può avere dall'olivile formazione di *vanillina* (gr. 30 di idrato d'olivile con 60 gr. di KOH e 100 d'acqua, riscaldati per 50 ore in apparecchio munito di refrigerante a riflusso chiuso da manometro a mercurio). Dopo neutralizzato il liquido con acido solforico diluito — il che determina la precipitazione di sostanza bruna, in parte peciosa e costituita soprattutto da olivile inalterato — si estrae il tutto con etere; la soluzione eterea venne sbattuta con soluzione concentrata di bisolfito sodico, il bisolfito decomposto e sottoposto all'azione di una corrente di vapor d'acqua. Nel distillato si trova una piccola quantità di sostanza, che si può estrarre con etere ed ottenere allo stato cristallino e riconoscere per vanillina.

L'olivile *ossidato con* $KMnO_4$ *in soluzione acetica* bollente si trasforma, pressochè quantitativamente in *acido acetovaniglico.*

L'olivile idrato in soluzione acquosa (1:50) trattato con una soluzione di *cloruro ferrico* sublimato (conc. 1:9), che si aggiunge gradatamente in quantità piccolissime, dà sulle prime una colorazione azzurra fugace, poi si forma un intorbidamento ed un precipitato bianco sporco che diventa rossiccio, come fa l'acido cinnamico.

Una soluzione acquosa di idrato d'olivile è otticamente attiva e devia fortemente il piano della luce polarizzata, verso *sinistra*:

per una concentrazione: $c = 0.314$ a 12° (satura): $\alpha = -0.8°$ (tubo di 20 cm.)

da cui:

$$[\alpha]_D^{12°} = -127°.$$

Olivile anidro amorfo: $C_{20}H_{24}O_7$; $[C_{18}H_{18}O_5(OCH_3)_2]$.

L'olivile puro si ottiene con facilità dagli alcolati, o dall'idrato, per eliminazione della molecola di solvente, che insieme cristallizza, se si ha cura di procedere al riscaldamento in un'atmosfera di gas inerte, o nel vuoto. Si può riscaldare l'idrato in una corrente di anidride carbonica e se la temperatura del bagno è un poco inferiore al punto di fusione dei cristalli, resta una massa bianca opaca costituita dai cristallini devetrificati e parzialmente fusi; se invece la temperatura del bagno sale rapidamente al di sopra del punto di fusione, si ottiene una massa fusa oleosa perfettamente trasparente ed incolore, dalla quale, sul principio, si sviluppa in bolle gassose il solvente e che poi, durante il raffreddamento, rimane fusa fino a due o tre gradi sotto 70°. Allora si rapprende in massa vetrosa, che per ulteriore raffreddamento si screpola istantaneamente in tutte le direzioni.

L'olivile anidro così ottenuto ha l'aspetto di sostanza vetrosa, trasparente, incolora (o leggerissimamente ambrata se il prodotto iniziale non era bianchissimo),

leggera, a frattura còncoide; *si fonde* tra *66°* e *70°*. Triturato nel mortaio si elettrizza fortemente e dà una polvere bianca leggera. Anch'essa brucia difficilmente; all'analisi elementare si ebbero i seguenti risultati:

I. Gr. 0.2206 di sostanza diedero gr. 0.5127 di CO_2 e gr. 0.1307 di H_2O
II. „ 0.2366 „ „ 0.5502 „ „ 0.1397 „

corrispondenti a:

I.	C °/₀	63.40	H °/₀	6.58
II.	„	63.42	„	6.56
Media	„	*63.41*		*6.57*

La formola $C_{20} H_{24} O_7$ richiede: C °/₀ **63.83** H °/₀ **6.38**

Dall'olivile puro si possono riottenere l'idrato, o gli alcolati quantitativamente, rapidamente se si fa una soluzione a caldo e si lascia cristallizzare, lentamente a freddo, in seguito ad un lungo contatto tra olivile e solvente.

Olivile anidro cristallino: $C_{20} H_{24} O_7$; $[C_{18} H_{18} O_5 (O\,CH_3)_2]$.

Nell'*alcool butilico terziario* (trimetilcarbinolo) l'olivile anidro si discioglie lentamente a freddo, rapidamente a caldo e in quantità grandissima, così da dare una soluzione sciropposa, che in capo ad alcuni giorni lascia separare spontaneamente una massa cristallina compatta durissima, sopra la quale nuota il solvente quasi puro; questo anzi, se la temperatura è inferiore ai 25°, cristallizza pure per proprio conto.

L'olivile cristallizzato ottenuto in questa guisa si presenta in forme mammellonari compatte, ed il suo *punto di fusione* è a *142,5°*. Dalla soluzione si separa più facilmente quanto più è puro; esso è privo di solvente, e ne contiene solo tracce meccanicamente incluse nei cristalli. Infatti, un campione essiccato e portato a 170° in corrente di CO_2, durante 4 ore, perde solo 1.06 °/₀ del suo peso (una molecola di trimetilcarbinolo richiederebbe 16.4 °/₀); un altro campione perdette 1.10 °/₀; un terzo ottenuto da soluzione molto più diluita, e formatosi in gruppetti cristallini sferoidali conteneva, dopo essiccamento all'aria, solo 0.66 °/₀ (un'ora a 170°). Può darsi anche che si tratti di tracce d'acqua contenute nel solvente e cedute all'olivile.

Ecco il risultato dell'analisi elementare:

Gr. 0.2437 di sostanza diedero gr. 0.5674 di CO_2 e gr. 0.1441 di H_2O

corrispondente a:

C °/₀ *63.49* H °/₀ *6.57*

La formola $C_{20} H_{24} O_7$ richiede: C °/₀ **63.83** H °/₀ **6.38**

Nell'*alcool benzilico* l'olivile si discioglie pure e dalla soluzione ricristallizza anidro in gruppi di cristalli radialmente disposti, lunghi fino ad 1 cm. Questi cristalli si possono lavare in benzolo, nel quale sono quasi insolubili; si separa così il solvente che vi aderisce. Il *punto di fusione* è come per l'olivile dal trimetilcarbinolo, a 142°,5.

Nell'*acetone* l'olivile anidro si discioglie facilmente a caldo e dalla soluzione si separa in piccoli mammelloni bianchissimi fondentisi pure a 142°,5. In questo prodotto si fecero alcune determinazioni di peso molecolari col metodo ebullioscopico, adoperando come solvente lo stesso acetone. Eccone i risultati:

I.	Concentrazione:	$c = 1.367$	innalzamento termom.	$= 0.075°$	P.M. $= 304$
II.	"	$c = 2.794$	" "	$= 0.158$	" $= 315$
III.	"	$c = 4.735$	" "	$= 0.228$	" $= 347$
IV.	"	$c = 6.410$	" "	$= 0.318$	" $= 337$

ed un altro campione dopo alcune ricristallizzazioni:

I.	Concentrazione:	$c = 1.394$	innalzamento termom.	$= 0.068°$	P.M. $= 342$
II.	"	$c = 2.734$	" "	$= 0.126$	" $= 362$
III.	"	$c = 4.135$	" "	$= 0.196$	" $= 352$

Il peso molecolare di $C_{20} H_{24} O_7$ è $=$ **376**.

L'olivile anidro cristallizzato è molto meno solubile nei varî solventi che l'olivile amorfo, ciò che si spiega se si ammette che lo stato dell'olivile amorfo corrisponda alla condizione metastabile di soprafusione.

Si è osservato in qualche caso che l'olivile amorfo perde la sua trasparenza ed a lungo andare si trasforma in una massa opaca bianca: ciò è dovuto, verosimilmente, ad una parziale cristallizzazione. Può mantenersi però inalterato per molti anni se lo si lascia al riparo dalla luce e dall'umidità.

Metilalcolato di olivile: $C_{21} H_{28} O_8$, o ($C_{20} H_{24} O_7 . CH_4O$).

Si può ottenere estraendo direttamente la gomma d'ulivo con alcool metilico invece che con alcool etilico, oppure disciogliendo a caldo l'olivile idrato, o meglio anidro, nell'alcool metilico privo d'acqua. Per il raffreddamento della soluzione alcolica cristallizza il metilalcolato in aghi prismatici abbastanza grossi, schiacciati e disposti a sfera. All'ebullizione la *solubilità* dell'olivile nell'alcool metilico è molto grande, così che si possono avere soluzioni quasi sciroppose, a freddo invece la solubilità è molto minore; per es. a 20° la soluzione satura ha una concentrazione di non più che 6 %.

Il metilalcolato di olivile si fonde già ad una temperatura di 97° circa. I cristalli a lungo andare si opacano per eliminazione di alcool.

L'analisi elementare di campioni diversi diede i seguenti risultati:

I. Gr. 0.4208 di sostanza diedero gr. 0.9468 di CO_2 e gr. 0.2777 di H_2O
II. " 0.4014 " " 0.9055 " " 0.2489 "

corrispondenti a:

	C %	H %	
I.	61.36	6.80	
II.	61.52	6.89	
III.	61.44	6.73	due vecchie analisi
IV.	61.52	6.85	
Media	*61.46*	*6.82*	

La formola $C_{20} H_{24} O_7 . CH_4O$ richiede: C % **61.76** H % **6.86.**

Anche per il metilalcolato abbiamo misurato l'attività ottica, naturalmente in soluzione di alcool metilico:

per una concentrazione: $c = 6.35$ a 22° (satura); $\alpha = -3°,78$

da cui:

$$[\alpha]_D^{22°} = -48.9.$$

Propilalcolato di olivile: $C_{23} H_{32} O_8$; $(C_{20} H_{24} O_7 . C_3 H_8O)$.

L'olivile si combina anche con l'alcool propilico normale molecola a molecola, e la sostanza che si ottiene somiglia in tutto alle precedenti, sia nell'aspetto cristallino (aghi prismatici disposti radialmente), come in tutte le altre proprietà. È anche esso molto stabile.

Il *punto di fusione* del propilalcolato è a circa *104°*.

La sua composizione fu confermata con l'analisi elementare:

Gr. 0.4155 di sostanza diedero gr. 0.9615 di CO_2 e gr. 0.2781 di H_2O

corrispondente a:

C % 63.11 H % 7.43

La formola $C_{20} H_{24} O_7 . C_3 H_8O$ richiede: C % **63.30** H % **7.34.**

Isopropilalcolato di olivile: $C_{23} H_{32} O_8$, o ($C_{20} H_{24} O_7 . C_3 H_8 O$).

Questo fu preparato nell'intento di stabilire se anche un alcool secondario ha la facoltà di unirsi all'olivile nelle stesse condizioni in cui avviene la combinazione con gli alcoli primarî. Si ottiene facendolo cristallizzare per raffreddamento da una soluzione di olivile anidro in alcool isopropilico. L'isopropilalcolato si presenta in forma di sottili aghi cristallini concentricamente disposti, il cui *punto di fusione* è a circa *101°,5* e la cui composizione corrisponde a quella del composto precedente: infatti:

Gr. 0.2291 di sostanza diedero gr. 0.5309 di CO_2 e gr. 0.1561 di H_2O

corispondente a:

C % 63.21 H % 7.57

La formola $C_{20} H_{24} O_7 . C_3 H_8 O$ richiede: C % **63.30** H % **7.34**.

Allilalcolato di olivile: $C_{23} H_{30} O_8$ ($C_{20} H_{24} O_7 . C_3 H_6 O$).

Di alcoli non saturi fu sperimentato l'alcool allilico, il quale è capace di dare un alcolato corrispondente a quelli sopra descritti. L'alcool allilico adoperato fu purificato anzitutto con ogni cura e completamente disidratato per ripetute distillazioni in presenza di ossido di bario. Il nuovo alcolato cristallizza facilmente in aghi prismatici raggruppati a sfera. Il suo *punto di fusione* è a circa *103°* e con più esattezza la fusione incomincia a 99°,5 ed è completa solo a 106°.

È stabile come i precedenti composti e perde il suo alcool solo a temperature superiori ai 100°.

Fu analizzato anch'esso, disponendosi di parecchi campioni preparati da materiale di diversa origine:

I.	Gr.	0.3091	di sostanza	diedero gr.	0.7198	di CO_2	e gr.	0.1968	di	H_2O
II.	"	0.3105	"	"	0.7191	"	"	0.1958		"
III.	"	0.3800	"	"	0.8856	"	"	0.2418		"
IV.	"	0.4253	"	"	0.9908	"	"	0.2731		"
V.	"	0.3176	"	"	0.7368	"	"	—		"

corrispondenti a:

	C %		H %	
I.	C %	63.51	H %	7.07
II.	"	63.22	"	7.01
III.	"	63.56	"	7.07
IV.	"	63.53	"	7.13
V.	"	63.27	"	—
Media	"	*63.43*		*7.07*

La formola $C_{20}H_{24}O_7 . C_3H_5O$ richiede: C % **63.60** H % **6.91**.

II.

La difficoltà alla combustione, che mostrano tutti i derivati dell'olivile e la loro tendenza a fissare in modo più o meno stabile un certo numero di solventi durante la loro purificazione, ci hanno spinto a preparare un numero piuttosto grande di derivati, al fine di poter trarre dal confronto di varî termini quelle conclusioni, che dallo studio dei singoli non si potevano dedurre. Così si venivano accumulando numerosi elementi di studio, importanti non solo alla determinazione della composizione elementare e della grandezza molecolare, ma anche al riconoscimento della costituzione della molecola dell'olivile. I derivati che descriveremo in questa seconda parte sono i prodotti di eterificazione dell'olivile, ottenuti sostituendo con residui alcolici di varia natura l'idrogeno fenico della molecola dell'olivile. Questa sostanza, che non ha carattere acido, ma che pure si discioglie negli alcali caustici, da cui viene facilmente spostata mediante l'anidride carbonica, mostra chiaramente la sua *funzione fenolica* accanto a quella ossimetilica già riscontrata e determinata in alcuni dei composti precedentemente descritti. Essa può quindi essere sottoposta ad un processo di eterificazione, mediante il quale si possono introdurre residui dell'acido acetico (acetilazione) o radicali alcolici diversi (alchilazione), al posto dell'idrogeno fenolico.

L'acetilazione riesce meno chiara, sia perchè vi sono nella molecola dell'olivile anche altri gruppi, oltre agli ossidrili fenici, che possono fissare l'acetile (ossidrili alcolici), sia perchè con l'acetilazione non si ottengono prodotti facilmente cristallizzabili e quindi ben definiti; invece la eterificazione con residui alcolici procede nettamente e permette di stabilire il numero delle funzioni fenoliche contenute nella molecola e di trarre qualche conclusione sulla disposizione reciproca di alcune parti essenziali della molecola.

La *eterificazione* dei gruppi fenici procede nel modo più semplice, scaldando alla ebollizione, in recipiente munito di refrigerante a riflusso con sovrapressione di mezza atmosfera, una soluzione di alcolato sodico corrispondente al gruppo alcolico che si vuole introdurre, con una soluzione di olivile nell'alcool di egual natura, ed aggiungendo poi poco a poco da un imbuto a robinetto la quantità calcolata di

ioduro alcolico di preparazione recente. Appena che una goccia della soluzione posta nell'acqua non le impartisce più una reazione alcalina, se ne distilla via a b. m. la parte volatile, si versa nell'acqua bollente contenente un po' di idrato potassico, il quale serve a tenere in soluzione quel residuo, che non fosse ancora completamente eterificato, e si lascia raffreddare. In breve si depone allo stato cristallino il composto alchilato insolubile, che si lava ancora una volta con soluzione potassica, ed abbondantemente con acqua, dopo di che si ricristallizza dall'alcool. Dalle acque madri alcaline si può ricuperare la porzione non eterificata, eventualmente rimasta in soluzione, precipitandola con anidride carbonica.

Dalle varie esperienze risulta che, quando la eterificazione è completa, entrano nella molecola dell'olivile *due* gruppi alcoolici, il che dimostra la presenza di due ossidrili fenici. È quindi possibile anche una eterificazione parziale, variando le condizioni della reazione, così ad es. per la metilazione possiamo ottenere un prodotto completamente metilato (Dimetilolivile) ed un prodotto metilato per metà, in cui cioè è entrato un solo radicale metile al posto di un idrogeno fenico (Monometilolivile).

Il fatto che finora non si è potuto ottenere che un solo derivato monoalchilato, per quanto si siano cambiate le condizioni di reazione, parrebbe parlare in favore della ipotesi che i due ossidrili fenici si trovino, nella molecola, in posizioni simmetriche e che di conseguenza la molecola dell'olivile possa venir divisa in due parti eguali da un piano di simmetria. Abbiamo tentato di risolvere la questione cercando di verificare se coll'introdurre due gruppi alchilici diversi, uno dopo l'altro alternativamente, si otteneva un prodotto unico, o due differenti: così abbiamo preparato del *monometilolivile* e poi del *monoetilolivile*, abbiamo etilato il primo e metilato il secondo; i due prodotti che si formarono, *monometilolivile etilato* e *monoetilolivile metilato*, risultarono tra loro identici sia nell'aspetto esterno (forma cristallina), come nelle loro proprietà fisiche e chimiche (vedi avanti la descrizione), per cui non c'è dubbio che si tratti di un'unica sostanza. Ora, siccome non c'è alcuna ragione per ritenere che il metile abbia nel monometilderivato, da cui si è partiti, un posto differente da quello occupato dall'etile nel monoetilderivato, si può concludere che la molecola è, molto verosimilmente, simmetrica.

Non bisogna d'altra parte dimenticare che l'olivile è otticamente attivo; ciò fa supporre che, affinchè possano coesistere una tale simmetria e l'attività ottica, questa ultima sia data da almeno *due* atomi di carbonio asimmetrici, come nel caso dell'acido tartarico; ma di ciò diremo più avanti.

Questi derivati alchilati dell'olivile, che ora passiamo a descrivere, si presentano tutti come sostanze ben caratterizzabili, con forme cristalline proprie ben definite (ordinariamente aciculari raggruppate a sfere come i derivati dell'olivile già descritti). Non si combinano più con i solventi come suol fare l'olivile e sono pressochè insolubili nell'acqua. I derivati parzialmente eterificati sono solubili nelle soluzioni degli alcali caustici, da cui vengono però precipitati facilmente per l'azione dell'anidride carbonica. In questo modo anzi si può provvedere alla loro separazione dai prodotti completamente eterificati.

Per quanto riguarda le modalità della eterificazione, aggiungeremo ancora che bisogna evitare, almeno sul principio, un eccesso di ioduro alcolico, perchè la solu-

zione può in questo caso assumere leggera reazione acida ed allora si formano facilmente gli isomeri di cui verrà tenuto parola più avanti (capitolo III); è preferibile quindi di lasciare piuttosto l'alcali in lieve eccesso. Per avere una proporzione esatta tra i reagenti è bene disciogliere da prima nell'alcool anidro il sodio metallico pesato, ed aggiungere in seguito la soluzione dell'olivile nell'alcole stesso, e poi, goccia a goccia, l'ioduro alcolico. La reazione procede con uguale facilità ed è molto più comoda se invece del metallo alcalino si impiega l'alcali caustico polverizzato ed esattamente dosato.

Dimetilolivile: $C_{22} H_{28} O_7$, o $[C_{18} H_{16} O_3 (OCH_3)_4]$.

Si ottiene per metilazione completa dell'olivile. Si procede nel modo seguente: gr. 5.6 di sodio metallico si disciolgono in 70 gr. di alcool metilico assoluto (refrigerante a riflusso), vi si aggiunge la soluzione di 50 gr. d'olivile metilalcolato in 100 gr. di alcool metilico anidro e poi si porta il tutto ad ebollizione (mezza atmosfera di soprapressione); a questo punto si lascia gocciolare nel pallone l'ioduro metilico (35 gr.) e si mantiene l'ebollizione per un'ora. Si osserva se una goccia del liquido, versata in poca acqua, impartisce ad essa reazione alcalina; in questo caso si aggiunge ancora un po' di ioduro alcoolico e si continua l'ebollizione fino a reazione neutra. Si distilla allora tutta la parte liquida volatile a b. m. e si versa il residuo in acqua bollente; si riscalda ancora un po' di tempo per eliminare completamente l'alcool e si lascia raffreddare. In breve si deposita cristallino il dimetilolivile e, se non si è alcalinizzata l'acqua aggiunta, anche il prodotto parzialmente metilato eventualmente formatosi. Si raccoglie la massa cristallina su filtro e si lava ripetutamente con acqua; ove occorra si estrae ripetutamente con soluzione al 10 $^0/_0$ di idrato potassico a caldo, si lava nuovamente e si lascia essiccare; si ricristallizza quindi dall'alcool.

Il dimetilolivile cristallizzato dall'alcool si presenta in aghetti setacei bianchissimi disposti concentricamente, i quali *si fondono* nettamente a *156°*. La sua solubilità nell'alcool bollente è piuttosto rilevante, a freddo invece resta in soluzione meno dell'1 $^0/_0$. Nell'acqua è pochissimo solubile. A ebullizione 100 di acqua disciolgono gr. 0.54 di dimetilolivile, ed a freddo rimangono in soluzione solo gr. 0.04. I cristallini ottenuti dall'acqua sono molto puri. Se si procede con precauzione (meglio nel vuoto), il dimetilolivile può anche distillare inalterato.

Le analisi furono eseguite su differenti campioni:

I.	Gr.	0.3368	di sostanza	diedero gr.	0.8060	di CO_2	e gr.	0.2209	di H_2O
II.	»	0.2641	»	»	0.6315	»	»	0.1674	»
III.	»	0.3465	»	»	0.8298	»	»	0.2278	»
IV.	»	0.2765	»	»	0.6637	»	»	0.1786	»
V.	»	0.3002	»	»	—	»	»	0.1876	»

corrispondenti a:

I.	C %	65.27	H %	7.28	
II.	"	65.21	"	7.04	
III.	"	65.31	"	7.34	
IV.	"	65.46	"	6.93	
V.	"	—	"	7.16	
VI.	"	65.32	"	6.87	due vecchie analisi
VII.	"	65.27	"	6.67	
Media	"	*65.31*	"	*7.04*	

La formola $C_{22}H_{28}O_7$ richiede: C % **65.34** H % **6.93**.

Una *determinazione crioscopica* in *acido acetico glaciale* ha dato il seguente risultato:

concentrazione: $c = 3.1256$; abbass. termom. 0°,340; P.M. = 358

il peso molecolare di $C_{22}H_{28}O_7$ è *408*. (Le determinazioni di peso molecolare riescono meglio per via ebullioscopica: vedi avanti *Dietilolivile*).

Sul dimetilolivile fu eseguita anche qualche *determinazione di ossimetili* col solito metodo di Zeisel e si ebbero i seguenti risultati:

I.	Gr. 0.0867	di dimetilolivile	diedero gr.	0.1942	di AgI
II.	" 0.2642	"	"	0.5976	"
III.	" 0.2974	"	"	0.6665	"

corrispondenti a:

I.	29.55 %	di ossimetile	sul peso	della sostanza, o	11.44 %	in peso	di carbonio
II.	29.84	"	"	"	11.64	"	"
III.	29.56	"	"	"	11.45	"	"

mentre il teorico per $C_{18}H_{16}O_3(OCH_3)_4$ è: **30.69** % di ossimetile, corrispondente a **11.88** % di carbonio dell'ossimetile.

Questo risultato dimostra anch'esso che nell'olivile completamente metilato esistono due ossimetili in più che nell'olivile e che, conseguentemente, nell'olivile accanto a due gruppi ossimetilici esistono *due ossidrili fenici.*

Mentre l'olivile trattato con acido acetico della concentrazione 1:4 ad ebullizione si trasforma con facilità completamente in un isomero (isolivile), il dimetilolivile non subisce alcuna trasformazione per questo trattamento; non ci è mai riuscito di trasformare i derivati alchilati dell'olivile negli isomeri corrispondenti della serie dell'isolivile.

Acetilazione: Nel dimetilolivile si possono introdurre dei residui acetici; basta per ciò portare alla temperatura di 140-150° una miscela in parti eguali di dimetilolivile ed anidride acetica; il riscaldamento deve durare 5, o 6 ore, poi si versa la miscela in acqua bollente e la si lava per decantazione fino a scomparsa della reazione acida. Il prodotto, che sotto l'acqua bollente si presenta come un olio chiaro, denso e leggermente ambrato, raffreddandosi si solidifica in una massa vetrosa, che quasi fonde al calor delle mani e che si lascia tuttavia triturare in una polvere bianca leggera. Da nessun solvente si potè ottenere allo stato cristallino. Questo è il prodotto acetilato: da 60 gr. di dimetilolivile se ne ottennero 65 gr., apparentemente molto puro.

Su una parte della sostanza si procedette alla determinazione dell'acido acetico corrispondente all'acetile, saponificando a b. m. con KOH n. in eccesso ed alcool ($2\frac{1}{2}$ ore) e dosando l'eccesso di potassa con H_2SO_4 n.

I. Gr. 1.6679 di sostanza diedero gr. 0.364 di acido acetico.
II. " 0.8820 " " 0.204 " "

corrispondenti a:

I. Acido acetico °/₀ 23.02
II. " " " 23.13

$$\text{teorico per } C_{22}H_{26}O_7(C_2H_3O)_2 = \mathbf{24.59}\ \%.$$

Si tratta dunque di un prodotto biacetilato, il che indicherebbe nella molecola la presenza di *due ossidrili alcoolici.*

Il dimetilolivile è molto stabile verso l'*azione degli alcali*; infatti se si scalda durante 24 ore a 120-130° con potassa caustica concentrata, in tubo chiuso, non si avverte altro cambiamento che la formazione di piccoli fiocchi bruni, mentre la massima parte del prodotto rimane inalterata.

Il *potere rotatorio* del dimetilolivile fu misurato in soluzione alcoolica satura a freddo (alcool di 98°,5):

per una concentrazione: $c = 0.7687$ a 24°: $\alpha = 0°,65$ (tubo di 15 cm.)

da cui:

$$[\alpha]_D^{24°} = -56°,4.$$

L'*ossidazione* del dimetilolivile mediante permanganato potassico in soluzione alcalina (in ragione di 12 atomi di ossigeno per ogni molecola organica) dà luogo a formazione di *acido veratrico* (fino a 50 °/₀ del peso della sostanza) di *acido veratroilformico* [1] (fino a 50 °/₀) e di *acido ossalico* (fino a 14 °/₀). Questo risultato e quelli già noti e descritti della formazione di *creosolo* per distil-

[1] v. Vanzetti, *Sopra l'acido veratroilformico ed il suo prodotto di riduzione.* R. Accad. dei Lincei, vol. XII, 1° sem., serie 5ª, fasc. 12°, pag. 629 (1903).

lazione secca dell'olivile (v. sopra: Etilalcolato); e della formazione di *acido acetovaniglico* per ossidazione dell'olivile mediante $KMn\,O_4$ in soluzione acetica (v. sopra: Idrato di olivile), mettono in evidenza il fatto che esistono nella molecola dell'olivile degli aggruppamenti vaniglici e precisamente *due*, il che è pure confermato dalla formazione di acidi appartenenti a questo gruppo in quantità che s'avvicina in peso alla sostanza adoperata. È evidente, in questo caso, che l'acido ossalico nell'ossidazione deve trarre origine dalla demolizione di quella parte della molecola che unisce i due residui vaniglici ed in cui sono contenuti i due ossidrili alcoolici sopra determinati (v. Acetilazione del dimetilolivile).

La facilità con cui l'olivile si trasforma nell'isomero isolivile (vedi avanti) poteva far supporre la esistenza di una doppia legatura nella molecola e precisamente nella catena carbonica che unisce i due gruppi vaniglici e che contiene ancora *sei* atomi di carbonio. Fu sperimentata perciò l'azione del *bromo* sull'olivile, e più tardi quella dell'*ozono* [1] nonchè la reazione dell'*acetato mercurico*, che L. Balbiano applica alla distinzione dell'aggruppamento propenilico da quello allilico [2]. Delle tre reazioni la prima e l'ultima diedero un risultato, non però nel senso di una addizione, ma di una sostituzione; infatti:

il *Bromo* attacca la molecola del dimetilolivile, e fornisce dei prodotti di sostituzione, inquantochè esso va a sostituirsi all'idrogeno dei nuclei aromatici. Si ottengono così due prodotti, a seconda della quantità di bromo che si adopera e cioè: un

Monobromodimetilolivile si forma mettendo 7 gr. di dimetilolivile in 200 di soluzione acetica (ac. acetico glac. ed acqua in parti eguali) e gocciolandovi dentro a freddo ($+6^\circ$) da una buretta gr. 2.8 di bromo in soluzione acetica (corrispondente a 2 atomi di Br). La prima metà del bromo si decolora rapidamente, la seconda metà più lentamente, ed il liquido rimane un poco giallognolo. Si versa il tutto in acqua fredda in cui precipita il prodotto nuovo bianco; un'altra parte ne precipita dopo neutralizzazione con carbonato alcalino. Cristallizza bene da benzolo in pagliette cristalline bianchissime, il cui *punto di fusione* si trova a *128°*. Una determinazione di bromo diede i seguenti risultati:

Gr. 0.5524 di sostanza diedero gr. 0.2095 di Ag Br, corrispondente a gr. 0.08916 di bromo; ossia il *16.14* %.

Una molecola $C_{22}H_{27}Br\,O_7$ richiede **16.56** % di bromo.

Il prodotto fu ricristallizzato ancora una volta da benzolo:

Gr. 0.4965 di sostanza diedero gr. 0.1916 di Ag Br, corrispondente a gr. 0.0805 di bromo; ossia il *16.21* %.

[1] Ringraziamo il dott. E. Molinari, il quale applicando la sua reazione del'ozono al dimetilolivile in soluzione cloroformica ha accertato che non avviene alcuna reazione; ciò escluderebbe la esistenza di doppie legature.

[2] Gazz. chim. it., XXXVI, 1906, II, pag. 237; v. anche Bielmann, Ber. d. d. ch. Ges., 43, pag. 568.

Se si impiega una quantità maggiore di bromo e precisamente 4 atomi per ogni molecola di dimetilolivile, si forma un

Dibromodimetilolivile, che si ottiene da benzolo in aghetti setacei flessibili fondentisi a circa *85°*, e contenenti una molecola di benzolo di cristallizzazione:

Gr. 0.6490 di sostanza diedero gr. 0.3919 di Ag Br, corrispondente a gr. 0.1667 di bromo; ossia il *25.68* %.

La molecola $C_{22} H_{26} Br_2 O_7$ richiede 28.37 % di bromo.
La molecola $C_{22} H_{26} Br_2 O_7 . C_6 H_6$ richiede **25.00** % di bromo.
L'altra metà del bromo impiegato rimane in soluzione come acido bromidrico.

Fu eseguita anche una determinazione di benzolo di cristallizzazione:

Gr. 0.3261 di sostanza perdettero dopo un'ora a 140° gr. 0.0103, corrispondente a: *benzolo 6.17* %.

La molecola $C_{22} H_{26} Br_2 O_7 . C_6 H_6$ richiede **6.47** % di benzolo.

Il dibromodimetilolivile cristallizza bene anche da etere etilico, in aghi prismatici raccolti a sfera: in questo caso è però privo di solvente a si *fonde a 132°*:

Gr. 0.5306 di sostanza diedero gr. 0.3417 di Ag Br, corrispondente a gr. 0.1455 di bromo; ossia il *27.42* %.

Il teorico per $C_{22} H_{26} Br_2 O_7$ è di **28.64** % di bromo.

Si potè stabilire con facilità che il bromo prende posto negli aggruppamenti vaniglici della molecola dell'olivile metilato, sottoponendo il dibromodimetilolivile all'ossidazione mediante permanganato potassico. Si ottenne infatti una miscela di due acidi corrispondenti a quelli ottenuti per ossidazione del dimetilolivile, ma contenenti bromo, e cioè l'*acido monobromoveratrico* $C_6 H_2 . COOH (1) . Br (3) (OCH_3)_2$ e l'*acido bromoveratroilformico* corrispondente, vicino ad acido ossalico. Questi acidi bromurati verranno descritti particolarmente in altri occasione.

L'*acetato mercurico* in soluzione acquosa concentrata (1:4) reagisce sul dimetilolivile in sospensione, preso in quantità di due molecole di acetato per una di dimetilolivile solo nel caso che la temperatura della miscela sia almeno un po' superiore ai 30°. Si osserva allora poco a poco la massa cristallina sospesa trasformarsi in una massa semifluida pastosa, mentre la soluzione diventa fortemente acida ed odora di acido acetico e contemporaneamente si deposita sul fondo del recipiente dell'acetato mercuroso. La massa pastosa fu lavata sul mortaio con piccole quantità di acqua fino a scomparsa di reazione acida; una volta essiccata essa diventa vetrosa e si può triturare in polvere fina. Però con acqua ridiventa molle e filante già a freddo ed è parzialmente solubile. Distesa su un vetro appare di trasparenza perfetta, però il più piccolo riscaldamento (basta toccare con la mano il rovescio della lastra di vetro

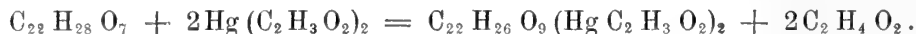
di contro al prodotto) genera su di essa una opalescenza che scompare col raffreddamento. Al microscopio questa opalescenza si mostra generata da bollicine gasose che si sviluppano in seno alla massa e che per raffreddamento vengono riassorbite. Messa in acqua e sottoposto all'azione dell'idrogeno solforato non reagisce nè a caldo nè a freddo, neanche dopo molte ore; si decompone invece quando venga messa in contatto con soluzione concentrata di *solfuro ammonico* e molto presto se si riscalda leggermente la miscela. Si precipita allora, in polvere nera pesante, il solfuro mercurico, mentre *nella soluzione si ripristina il dimetilolivile*, il quale ne cristallizza in aghetti concentricamente disposti. Il precipitato si raccoglie su filtro, si lava con alcool bollente, con che si allontana la parte organica, e, occorrendo, con CS_2 per togliere un po' di solfo depostosi dal solfuro alcalino. Il solfuro mercurico precipitato così da una quantità nota di composto acetomercurico, fu essiccato e pesato:

I. Gr. 1.2505 di sostanza diedero gr. 0.6360 di HgS, corrispondente a gr. 0.5474 di *mercurio*; ossia il *43.8* %.

Una parte del prodotto venne disciolto in alcool dove è molto solubile; si potè così separarlo da un piccolo resto di sale mercurico e dal dimetilolivile rimastovi aderente in tracce, (in acetone ed in cloroformio è solubile come il dimetilolivile). Il prodotto così purificato ulteriormente fu anche analizzato:

II. Gr. 1.3927 di sostanza diedero gr. 0.7255 di HgS, corrispondente a gr. 0.6254 di mercurio; ossia il *44.88* %.

Una così forte percentuale di mercurio nella molecola corrisponde alla fissazione di due atomi di Hg; questi però nel fissarsi trattengono due residui acetici, e la combinazione con la molecola del dimetilolivile avviene verosimilmente come per altri derivati della serie aromatica, lasciando intatte le catene laterali e fissandosi direttamente il mercurio al nucleo aromatico. In questo caso si ripristina una molecola di acido acetico, mentre uno dei residui acetici resta attaccato al mercurio com'è facile constatare:

$$C_{22}H_{28}O_7 + 2Hg(C_2H_3O_2)_2 = C_{22}H_{26}O_9(HgC_2H_3O_2)_2 + 2C_2H_4O_2.$$

Di questo derivato acetomercurico del dimetilolivile fu preparato, seguendo le prescrizioni di Balbiano, il *derivato cloromercurico*, trattando a caldo una soluzione alcoolica del composto ora descritto con la quantità strettamente necessaria di soluzione acquosa concentrata di cloruro sodico. Si ottiene un precipitato gassoso, che si lascia difficilmente estrarre con alcool, nel quale è pochissimo solubile. Si può così ottenere per raffreddamento a piccole porzioni, in polvere cristallina aderente alle pareti del recipiente, il composto cloromercurico. Tre campioni estratti frazionatamente furono analizzati:

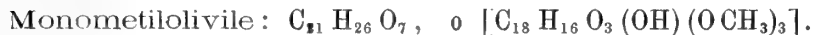
I. Gr. 0.8190 di sostanza diedero gr. 0.4515 di HgS, corrispondente a gr. 0.3892 di mercurio; ossia il *47.5* %.

II. Gr. 0.5606 di sostanza diedero gr. 0.3145 di HgS, corrispondente a gr. 0.27112 di mercurio; ossia il *48.3* %.
III. Gr. 0.9030 di sostanza diedero gr. 0.5132 di HgS, corrispondente a gr. 0.4424 di mercurio; ossia il *48.98* %.

Una maggiore costanza nella composizione non si presenta, e ciò dipende specialmente dalla difficoltà che presentano questi composti alla purificazione. Infatti apparisce fissata una quantità di mercurio superiore a due atomi; ciò risulta anche dall'aumento di Hg nei vari campioni separati per estrazione frazionata; infatti i prodotti contenenti maggior quantità di Hg sono generalmente meno solubili; teoricamente si dovrebbe avere:

per $C_{22} H_{26} O_6 . (Hg C_2 H_3 O_2)_2$ **43.48** % di mercurio
per $C_{22} H_{26} O_6 . (Hg Cl)_2$ **45.82** % „

Da quanto abbiamo fin qui esposto risulterebbe quindi dimostrato che nel dimetilolivile — e di conseguenza nell'olivile — non esistono doppie legature.
Nè il dimetilolivile, nè alcun altro derivato di questa serie, può subire la trasformazione nel composto isomero della serie dell'isolivile.

Monometilolivile: $C_{21} H_{26} O_7$, o $[C_{18} H_{16} O_3 (OH) (O CH_3)_3]$.

Nella preparazione del dimetilolivile col processo sopra descritto, si forma costantemente una piccola quantità di prodotto meno metilato, anche se le sostanze reagenti furono scelte in quantità rigorosamente teorica per una metilazione completa. Se poi si ha cura di diminuire le quantità di alcali e di ioduro alcoolico in proporzione, si forma una quantità più grande di prodotto monometilato: bisogna però non procedere troppo oltre in questa diminuzione, perchè è inevitabile in ogni caso la formazione di una certa quantità di prodotto completamente eterificato, il che rende inevitabile che un po' di olivile rimanga inalterato; e questo fà più difficile la separazione del monometilolivile, essendo entrambi solubili negli alcali. In pratica dunque si impiegano circa i 3/4 dei reattivi calcolati per la metilazione completa, ed è preferibile versare in una sola volta lo ioduro alcoolico nella miscela alcalina. Il monometilolivile si separa dal dimetilcomposto riscaldando la miscela cristallina con soluzione di idrato potassico al 10 %, dove il solo monometilolivile (ed eventualmente l'olivile rimasto inalterato) rimane disciolto. La soluzione filtrata, dopo raffreddamento, si precipita facendo passare in essa una corrente di anidride carbonica fino a rifiuto. Se v'era un po' di olivile indecomposto, esso precipita per ultimo.

Il monometilolivile cristallizza bene da alcool, dove è poco solubile anche a ebollizione; si presenta in piccoli aghi lanuginosi, il cui *punto di fusione* è a 218° (se si immerge in bagno che abbia già una temperatura di 200°; se no imbrunisce e fonde male). Anche da alcool metilico cristallizza bene; in esso è pure poco solu-

bile: gr. 2.8 richiedono infatti più di gr. 200 di alcool metilico per disciogliersi a ebullizione. È quasi insolubile in acqua.

Ecco i dati dell'analisi elementare:

I. Gr. 0.2508 di sostanza diedero gr. 0.5920 di CO_2 e gr. 0.1522 di H_2O
II. " 0.2728 " " 0.6427 " " 0.1686 "

corrispondenti a:

I. C °/₀ 64.37 H °/₀ 6.74
II. " 64.25 " 6.86

La formola $C_{21} H_{26} O_7$ richiede: C °/₀ **64.62** H °/₀ **6.67**.

Come era prevedibile, il monometilolivile si può facilmente trasformare in dimetilolivile per *ulteriore metilazione*. Il prodotto così ottenuto si presenta, in tutte le sue proprietà fisiche e chimiche, identico a quello ottenuto per preparazione diretta.

In nessun caso ci è riuscito di ottenere un altro prodotto monometilato dell'olivile.

Nella molecola dell'olivile, al posto dell' idrogeno fenico abbiamo introdotto anche il radicale *etile*, preparando così dei composti, che sono in tutto analoghi a quelli or ora descritti.

Dietilolivile: $C_{24} H_{32} O_7$, o $[C_{18} H_{16} O_3 (OCH_3)_2 (OC_2 H_5)_2]$.

Si mettono a caldo *50* gr. di etilalcoolato di olivile con 100 di alcool etilico assoluto, in una soluzione di 5.5 gr. di sodio in 100 dello stesso solvente; poi nello stesso modo come per la metilazione, vi si fanno gocciolare 48-50 gr. di ioduro etilico recente. La separazione avviene con la stessa facilità come per il dimetilolivile.

Il dietilolivile somiglia molto nelle sue proprietà al dimetilderivato; è però meno solubile in alcool ed in acqua, e di frequente è reso impuro dal suo isomero dietilisolivile, che si forma durante la eterificazione, specialmente se l'ioduro alcoolico è in eccesso. Il dietilolivile *fonde* a 182°. Per raffreddamento della soluzione acquosa si ottiene in finissimi aghetti splendenti, raggruppati a sfera.

Riportiamo i dati dell'analisi elementare:

Gr. 0.2284 di sostanza diedero gr. 0.5572 di CO_2 e gr. 0. 1547 di H_2O

corrispondenti a:

C °/₀ 66.53 H °/₀ 7.52

La formola $C_{24} H_{32} O_7$ richiede: C °/₀ **66.67** H °/₀ **7.41**.

Sopra un campione molto puro si fece una determinazione di *peso molecolare*, usando il metodo ebullioscopico e adoperando come solvente l'alcool etilico assoluto preparato espressamente. Si ebbero i seguenti risultati:

I.	Concentrazione:	$c = 0.694$;	innalzam. termom. =	0°,018;	P. M. = *443*
II.	»	» 1.874	» »	0°,049	» *440*
III.	»	» 2.780	» »	0°,070	» *444*
IV.	»	» 3.685	» »	0°,094	» *451*
V.	»	» 5.126	» »	0°,130	» *453*

Il peso molecolare di $C_{24}H_{32}O_7$ è **432**.

Monoetilolivile: $C_{22}H_{28}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3(OH)(OCH_3)_2(OC_2H_5)]$.

Si ottiene come il suo omologo monometilolivile sopra descritto, e gli somiglia nelle proprietà fisiche e chimiche. Si *fonde* a *145°*.

Ci servì alla preparazione del metiletilolivile.

Metiletilolivile: $C_{23}H_{30}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3(OCH_3)_3(OC_2H_5)]$.

Si può ottenere indifferentemente per metilazione del monoetilolivile, oppure etilando il monometilolivile; si lascia cristallizzare bene dall'alcool in aghetti, il cui *punto di fusione* è a circa *169°*. La sua formazione per queste due vie depone in favore della simmetria nella molecola dell'olivile (v. p. 762).

Dipropilolivile: $C_{26}H_{36}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3(OCH_3)_2(OC_3H_7)_2]$.

Una soluzione di 14 gr. di normalpropilalcoolato di olivile in 40 gr. di alcool propilico si aggiunsero ad una soluzione di gr. 1.5 di sodio in 30 dello stesso alcool; e ad ebullizione, come sempre, si fecero cadere nella miscela sotto leggera soprapressione gr. 15 di ioduro propilico. Dopo tre ore il liquido reagisce neutro; è però alquanto bruno. Distillata la parte volatile e trattato con acqua bollente il residuo, si rapprende in massa pastosa, che però si lascia facilmente cristallizzare dall'alcool dopo il solito trattamento con soluzione di idrato potassico.

Il dipropilolivile cristallizza dall'alcool in lunghi aghi sottili splendenti, che si *fondono* a *135°,5*.

Anch'esso fu analizzato:

Gr. 0.2332 di sostanza diedero gr. 0.5772 di CO_2 e gr. 0.1652 di H_2O

corrispondenti a:

C % 67.50 H % 7.87

La formola $C_{26}H_{36}O_7$ richiede: C % *67.83* H % *7.83*.

Dibenzilolivile: $C_{34}H_{36}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3(OCH_3)_2(OCH_2.C_6H_5)_2]$.

Questo composto fu preparato con lo scopo precipuo di portare nuovi elementi alla conoscenza della composizione dell'olivile e della sua grandezza molecolare. Esso contiene due residui benzilici al posto dei due atomi di idrogeno fenico dell'olivile. Si può ottenere facilmente cristallizzato in lunghi aghi setacei il cui punto di fusione giace sopra 150° (immerso direttamente a 150° nel bagno di paraffina si fonde quasi subito; se invece si immerge a temperatura poco inferiore, la fusione completa si osserva solo a 157°).

Il risultato dell'analisi è il seguente:

Gr. 0.2356 di sostanza diedero gr. 0.6304 di CO_2 e gr. 0.1422 di H_2O

corrispondenti a:

C % 72.97 H % 6.70

La formola $C_{34}H_{36}O_7$ richiede: C % *73.38* H % *6.47*.

III.

Abbiamo già accennato, esponendo le proprietà dell'olivile, alla facilità con cui l'acido acetico (o formico) diluito lo trasforma in una sostanza isomera, alla quale fu dato il nome di *isolivile*. Le proprietà di questo nuovo composto in parte si avvicinano a quelle dell'olivile, da cui trae origine, in parte sono molto diverse ed accennano ad un profondo cambiamento avvenuto in un gruppo essenziale della molecola. Questa trasformazione ha luogo nel modo più semplice, ed è quantitativa: basta perciò versare l'olivile idrato o anidro (anche un alcoolato) in una soluzione bollente di acido acetico glaciale in acqua (1:4); per raffreddamento della soluzione ottenuta si separa

la sostanza nuova in forme cristalline più o meno definite. Un po' ne rimane in soluzione anche a freddo e si separa in parte per lenta evaporazione, mentre il resto, una piccola quantità, pare che abbia subìto una ulteriore trasformazione (acetilazione?).

L'isolivile come l'olivile ha la tendenza di combinarsi con alcuni solventi, che trattiene nel cristallizzare: ma tale proprietà è meno spiccata, nel senso che dipende dalla concentrazione delle soluzioni; questo è causa che si ottengono talvolta dei cristalli misti di sostanze con e senza solvente di cristallizzazione. D'altra parte alcuni di questi solventi di cristallizzazione (etere, acetone) si svaporano già a temperatura ordinaria, e i cristalli diventano opachi. Avviene così che la composizione dei singoli prodotti cristallizzati dai varî solventi presenta delle oscillazioni a prima giunta inesplicabili; e questo fu causa che, non ostante le numerosissime analisi eseguite su di essi, non si ebbero per lungo tempo risultati concludenti. Si dovette perciò ricorrere alla preparazione di alcuni derivati, che si potessero ottenere allo stato cristallino con una composizione costante.

Nella molecola dell' isolivile sono rimaste inalterate alcune delle funzioni chimiche dell'olivile, e precisamente quelle che sono contenute nei due gruppi aromatici. Si riscontrano quindi anche nell' isolivile *due ossimetili* e *due ossidrili fenici*, i quali ultimi si possono eterificare in modo da ottenere, come per l'olivile, dei derivati mono- e bisostituiti, isomeri con quelli descritti, ma aventi caratteristiche diverse. Si osserva, ad esempio, che i derivati parzialmente eterificati (monometilisolivile, ecc.) cristallizzano con acqua di cristallizzazione dalle soluzioni acquose, e la loro affinità per l'acqua è tanto grande, che la tolgono anche agli altri solventi, anche se ne contengono in piccole quantità (vedi monoetilisolivile).

Nel passaggio da olivile ad isolivile si ha *inversione del potere rotatorio ottico*; cosicchè mentre l'olivile e tutti i suoi derivati sono levogiri, l' isolivile e tutti i suoi prodotti di eterificazione sono *destrogiri*.

Come conseguenza immediata della diversa costituzione dell'isovile e derivati, si ha che i prodotti di ossidazione differiscono da quelli dell'olivile; e così, per esempio, mentre, come abbiamo veduto, il dimetilolivile fornisce, per azione di $KMnO_4$ in soluzione alcalina, dell'acido veratrico, dell'acido veratroilfonnico e acido ossalico, per l'ossidazione del dimetilisolivile si ottengono pure in ultima analisi dell'acido ossalico e dell'acido veratrico; ma prima di arrivare a quest'ultimo, si formano: una sostanza indifferente e due acidi, di cui uno difficilmente solubile, sulla cui natura non possiamo ancor dire l'ultima parola, ma che si presentano come molto interessanti.

Con la eterificazione parziale dell'isolivile non si riuscì ad ottenere, come per l'olivile, che un solo derivato monosostituito; a differenza dell'olivile si ottennero però due derivati misti (*monometilisolivile etilato* e *monoetilisolivile metilato*) tra di loro assolutamente diversi (ved. avanti); il che fa pensare che la molecola dell' isolivile, contrariamente a quella dell'olivile, sia asimmetrica, e ciò in causa del nuovo assetto preso da quella parte della molecola, che unisce i due residui vaniglici, i quali, verosimilmente, sono rimasti intatti.

Non siamo mai riusciti a produrre la reazione inversa di quella che fornisce l'isolivile, vale a dire: non ci fu possibile passare con nessuna reazione dai derivati dall'isolivile a quelli dell'olivile primitivo.

Isoolivile: $C_{20}H_{24}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3(OH)_2(OCH_3)_2]$.

Si prepara versando in una soluzione bollente di acido acetico diluito (1 di ac. acet. glac. con 4 di acqua) dell'olivile idrato, o alcoolato, fino a soluzione e si filtra subito a traverso un filtro bagnato. Durante il raffreddamento della soluzione si osserva talora sul principio un intorbidamento; poi, se si tiene il liquido in movimento, si deposita l'isolivile allo stato cristallino, in polvere fina: se invece si lascia riposare, la deposizione avviene lenta sotto forma di crosta aderente al fondo del recipiente, compatta e dura, che difficilmente si può togliere senza rompere il vetro. Pare che durante questo trattamento la trasformazione sia quantitativa; la massima parte si separa dal solvente per il solo raffreddamento, poi le acque madri ne depongono ancora un poco per evaporazione lenta, e solo rimane indietro una piccola parte di aspetto vischioso, che pare abbia subìto una parziale acetilazione. Si deve evitare di scaldare a lungo, altrimenti si forma una maggior quantità di sostanza oleosa.

Da una soluzione diluita di acido acetico si può ricristallizzare l'isolivile, quando si voglia averlo puro; e se la soluzione è sufficientemente diluita, lo si ottiene bianchissimo, non in croste compatte, ma in cristalli separati, non molto grossi, ma ben formati, prismatici, perfettamente trasparenti, dotati di forte potere rifrangente. Le migliori condizioni si hanno disciogliendo una parte di isolivile in una miscela di 2 di ac. acetico glaciale e 18 di acqua a ebollizione, e lasciando riposare.

Il *punto di fusione* dell'isolivile puro si trova a *167°*.

Così ottenuto, non ha in sè acqua di cristallizzazione; trattiene però sempre un po' di umidità, che se ne va difficilmente anche se il prodotto è finamente polverizzato:

un primo campione secco all'aria fu messo nel vuoto a 110-115° per 11 ore: gr. 1.3529 perdettero gr. 0.0151, corrispondente all'1,1 %;

un secondo campione essicato sull'acido solforico, fu scaldato durante 1 ora in corrente di CO_2: gr. 1.0315 perdettero gr. 0.0037, corrisp. a 0,36 %.

Il prodotto così essiccato venne sottoposto all'analisi elementare (campioni di diverse preparazioni):

I.	Gr. 0.2353	di sostanza	diedero gr.	0.5498	di CO_2	e gr.	0.1383	di H_2O
II.	» 0.2689	»	»	0.6295	»		0.1578	»
III.	» 0.2809	»	»	0.6607	»		0.1608	»
IV.	» 0.2557	»	»	0.5978	»		0.1554	»
V.	» 0.2335	»	»	0.5459	»		0.1395	»

corrispondenti a:

I.	C °/₀	63.72	H °/₀	6.53
II.	"	63.80	"	6.52
III.	"	64.14	"	6.36
IV.	"	63.76	"	6.75
V.	"	63.76	"	6.60
Media	"	*63.84*	"	*6.55*

il teorico per $C_{20} H_{24} O_7$ è: C °/₀ **63.83** H °/₀ **6.38**

Col metodo di Zeisel si determinarono gli *ossimetili*:

I.	Gr. 0.2364 di isolivile anidro diedero gr.	0.2916	di AgI
II.	" 0.19.35 " " "	0.2387	"

corrispondenti a:

I.	16.28 °/₀ di ossimetile sul peso della sostanza, o	6.302 °/₀	in peso di carbonio.	
II.	16.27 " " "	6.298	"	"
III.	(due vecchie analisi)	6.304	"	"
IV.		6.308	"	"

mentre il teorico per $C_{18} H_{18} O_5 (OCH_3)_2$ è: **16.49** °/₀ di ossimetile, corrispondente a **6.383** °/₀ di carbonio dell'ossimetile.

Due determinazioni di peso molecolare col metodo crioscopico, solvente *acido acetico* glaciale, diedero i seguenti risultati:

I. Concentrazione: $c = 3.6167$; abbassam. term. $\Delta = 0°,340$; P. M. $= 414$
II. " $c = 3.2179$ " " $\Delta = 0°,338$ " $= 371$

Il peso molecolare di $C_2 H_{24} O_7$ è $=$ **376**.

Il *potere rotatorio* ottico dell'isolivile fu misurato in soluzione acquosa satura a freddo, in soluzione acetica (2 ac. e 18 acqua) ed in soluzione alcoolica satura (alcool di 98.5 °/₀), su tre campioni diversi:

I. Soluzione acquosa: $c = 0.397$ a 12° : $\alpha = + 2°,8$ (tubo di 20 cm.), da cui:

$$[\alpha]_D^{12°} = + 352°$$

II. Soluzione acetica: $c = 4.024$ a 12° : $\alpha = + 9°,5$ (tubo di 20 cm.), da cui:

$$[\alpha]_D^{12°} = + 118°$$

III. Soluzione alcoolica: $c = 4.036$ a 25° : $\alpha = + 3°,7$ (tubo di 15 cm.), da cui:

$$[\alpha]_D^{25°} = + 61°,1$$

L'isolivile con *acido solforico* concentrato assume una colorazione rosso-aranciato carico, che poi diventa rosso-bruna e per aggiunta di acqua passa al violetto, mentre precipita l'isolivile insolubile.

Con *cloruro ferrico* nelle condizioni (v. p. 756) stesse dell'olivile dà sul principio una fugace colorazione azzurra, che diventa verde e passa infine al bruno opaco, ma senza dare una precipitazione visibile.

Da *alcool etilico* concentrato (98.5 %), in cui è solubile a caldo nel rapporto 1:5, l'isolivile si può anche ottenere, per evaporazione lenta, cristallizzato in bellissimi cristalli tabulari, i quali contengono una certa quantità di alcool stabile a temperatura ordinaria:

I. Gr. 1.3765 di sostanza perdono a 170° durante un'ora in corr. di CO_2 gr. 0.0743
II. " 0.7524 " " " " " 0.0414

corrispondenti a:

I. Alcool % 5.39
II. " 5.49

$C_{20}H_{24}O_7 + \frac{1}{2} C_2H_6O$ richiederebbe *5.49* % di alcool;

può darsi tuttavia che si tratti di miscele di isolivile anidro, con isolivile alcoolato.

A freddo la *solubilità* dell'isolivile nell'alcool assoluto è di circa 5 %.

Da *alcool metilico*, in cui si discioglie facilmente a caldo, l'isolivile si ottiene cristallizzato in tavolette concentricamente disposte, le quali all'aria diventano opache in tempo relativamente breve. Se però si asciugano rapidamente all'aria su carta bibula, in modo da eliminare solo l'alcool di cui sono inzuppate esteriormente, si trova che l'alcool combinato sotto forma di alcool di cristallizzazione corrisponde a due molecole:

Gr. 0.6576 di sostanza perdono a 160° durante un'ora in corr. di CO_2 gr. 0.0985
corrispondente a *14.98* %;
per $C_{20}H_{24}O_7 + 2CH_4O$ si richiede **14.55** %.

Dallo stesso campione una parte fu lasciata sotto essiccatore durante una notte; il giorno seguente si ebbe che:

Gr. 0.7014 di sostanza perdettero, nelle stesse condizioni di cui sopra, gr. 0.0475
corrispondenti a 6.77 % ($C_{20}H_{24}O_7 + CH_4O$ richiede 7.84 %).

Se nella soluzione alcoolica concentrata di isolivile si versano quattro volumi di *etere*, si ottengono dopo qualche tempo bellissimi cristalli isolati, o raggruppati, brillanti, cristallograficamente molto interessanti. All'aria perdono l'etere più o meno

rapidamente. Alcuni tentativi per determinare quantitativamente l'etere di cristallizzazione condussero ai seguenti risultati:

I. Gr. 1.5742 di sostanza seccata rapidamente tra carta bibula perdettero in corrente di CO_2 a 180° dopo un'ora gr. 0.2859

II. » 0.9295 id. id. id. » 0.1707

corrispondenti a: I. *18.16* °/₀ II. *18.38* °/₀

III. » 0.8333 di sostanza lasciata prima all'aria durante un'ora, perdettero nelle stesse condizioni gr. 0.1432, corrispondenti a *17.18* °/₀.

La composizione $C_{20}H_{24}O_7 + C_4H_{10}O$ richiede **16.44** °/₀.

L'isolivile è solubile anche nell'*acetone*, e dalle soluzioni ottenute a caldo si possono avere due forme cristalline: una si ottiene per il raffreddamento ed è costituita da olivile puro; l'altra, che si depone per lenta svaporazione del solvente, contiene acetone di cristallizzazione (una molecola) e si opaca all'aria in un tempo relativamente breve. Ecco alcune determinazioni eseguite su due campioni preparati in quest'ultima guisa ed essiccati rapidamente all'aria:

I. Gr. 1.2846 di sostanza dopo un'ora a 270° in corr. di CO_2 perdettero gr. 0.1967
II. » 0.8578 » » » » » 0.1319

corrispondenti a: I. *15.30* °/₀ II. *15.38* °/₀;

la composizione $C_{20}H_{24}O_7 + C_3H_6O$ richied e **13.40**°/₀.

Metilazione dell'isolivile. — Si procede come per l'olivile: 50 gr. di isolivile disciolti in 190 di alcool metilico anidro, si aggiungono ad una soluzione di gr. 5.6 di sodio metallico in 70 di alcool metilico; si porta ad ebullizione sotto una pluspressione di quasi mezza atmosfera e vi si aggiungono a poco a poco gr. 45 di ioduro metilico di recente preparazione. Quando una goccia del liquido dà all'acqua reazione neutra, si distilla a b. m. la parte volatile, si versa il residuo in acqua bollente, addizionata di un po' di idrato potassico al fine di trattenere in soluzione i prodotti incompletamente eterificati, e dopo raffreddamento si raccoglie la parte cristallina su imbuto ad aspirazione. Lavata questa ancóra una volta con soluzione bollente di KOH (1:10) e poi con acqua fredda aspiratore, si lascia essiccare e si cristallizza dall'alcool. Così si ottiene bianco e purissimo il

Dimetilisolivile: $C_{22}H_{28}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3 . (OCH_3)_4]$.

Si ottiene con rendimento quasi teorico, trattando una soluzione di 50 gr. di isolivile in 200 di alcool metilico, con gr. 17 circa di KOH (all'85 °/₀ circa), e lasciando cadere da un imbuto a robinetto durante l'ebullizione a leggera soprapressione, circa 40 gr. di ioduro metilico. A reazione finita si separa il prodotto cristallino e si purifica come sopra fu detto. La cristallizzazione da alcool assoluto fornisce

aghi finissimi, splendenti come la seta, lunghi fino a 2 cm., i quali, scaldati a 100° nella stufa, non perdono la loro lucentezza e rimangono perfettamente bianchi. Non contengono solvente di cristallizzazione.

La *solubilità* in acqua è di gr. 0.3954 % di acqua all'ebullizione e di gr. 0.0143 a 22°; nell'alcool di 94° è di gr. 1.185 % a freddo; in alcool di 97°,8 è di 7.4 % a ebullizione, e di 0.57 % a freddo.

Il *punto di fusione* del dimetilisolivile è a *184°,5*.

Vari campioni furono analizzati col seguente risultato:

I.	Gr. 0.2546	di sostanza	diedero gr.	0.6116	di CO_2	e gr. 0.1639	di H_2O
II.	» 0.2512	»	»	0.6017	»	0.1527	»
III.	» 0.2536	»	»	8.6089	»	0.1555	»
IV.	» 0.2480	»	»	0.5922	»	0.1500	»
V.	» 0.2345	»	»	0.5605	»	0.1465	»

corrispondenti a:

I.	C % 65.05	H % 7.07
II.	» 65.32	» 6.75
III.	» 65.47	» 6.78
IV.	» 65.12	» 6.72
V.	» 65.19	» 6.94
Media	» *65.23*	» *6.85*

La formola $C_{22} H_{28} O_7$ richiede: C % **65.34** H % **6.93**.

(Vedi sotto: dimetiliso da monometiliso, altre due analisi).

Determinazione ebullioscopica. — Solvente, *alcool etilico assoluto*:

Concentrazione:	$c = 1.296$;	innalz. term. 0.037°;	P. M. = 403
»	$c = 2.223$	» 0.062	» = 413
»	$c = 3.470$	» 0.085	» = 409

mentre il peso molecolare di $C_{22} H_{28} O_7$ è **404**.

Per la prova degli *ossimetili* si ebbero i seguenti risultati:

I.	Gr. 0.2298	di dimetilisolivile	diedero gr. 0.5180	di AgI
II.	» 0.2078	»	» 0.4330	»
III.	» 0.2033	»	» 0.4226	»
IV.	» 0.2474	»	» 0.5680	»

corrispondenti a:

I.	29.73 %	di ossimetile	sul peso	della sostanza,	o 11.51 %	in peso	di C
II.	27.49	»	»	»	o 10.64	»	»
III.	27.42	»	»	»	o 10.61	»	»
IV.	30.29	»	»	»	o 11.72	»	»

mentre il teorico per $C_{18} H_{16} O_3 (OCH_3)_4$ è **30.69** % di ossimetile, ossia **11.88** % di C.

Il *potere rotatorio ottico* del dimetilisolivile fu misurato in soluzione di alcool (di 97,8 %):

per una concentrazione: $c = 0.4572$ a 22°,5 : $\alpha = + 0°,23$ (tubo di 15 cm.),

da cui:

$$[\alpha]_D^{22°,5} = + 33.58 .$$

Come il dimetilolivile, pare che anche il dimetilisolivile — e quindi l'isolivile — non contenga nella molecola doppî legami; infatti non assorbe bromo direttamente, nè assorbe ozono; inoltre non reagisce affatto con l'acetato mercurico, contrariamente a quanto avviene per il dimetilolivile.

Invece è possibile anche per il dimetilisolivile una acetilazione la quale conduce ad un composto due volte acetilato, che però non si è potuto ottenere allo stato cristallino. Esisterebbero quindi anche nell'isolivile, e nei suoi derivati, *due ossidrili alcoolici.*

Monometilisolivile: $C_{21}H_{26}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3 . (OH) . (OCH_3)_3]$.

Le acque alcaline di lavaggio del dimetilisolivile, sottoposte all'azione di una corrente di anidride carbonica, lasciano precipitare il prodotto parzialmente metilato. Questo si forma infatti anche se le proporzioni tra i reattivi impiegati per la metilazione corrispondono a quelle richieste per una metilazione completa; si può ottenere in quantità maggiore usando i 4/5 e non meno dei 3/4 dei reattivi teoricamente richiesti per metilare completamente. Se si impiegano quantità minori, può rimanere inalterato dell'isolivile, il quale si separa con difficoltà dal composto monometilato.

Il monometilisolivile disciolto in 40 volte il suo peso di *alcool metilico* a caldo, cristallizza in cristalli prismatici a base quadrata sormontati da piramidi; tolto dalla soluzione, perde parzialmente la sua trasparenza e, riscaldato, fonde una prima volta a 130-140°, mandando bolle (alcool di cristallizzazione), poi si rapprende; a 180° è semifuso, a 190° imbrunisce un poco e finalmente fonde una seconda volta a *207°* circa. Se si immerge subito nel bagno di paraffina a 180°, fonde bollendo e non si rapprende più, ma annerisce in breve tempo.

Richiede più di 10 parti di *alcool etilico* bollente per disciogliersi completamente; a freddo la solubilità è circa 10 volte minore. Si ottengono aghi splendenti, che sul filtro diventano opachi, assumendo aspetto di porcellana.

Da *etere etilacetico*, cristallizzato due volte dopo essiccamento a 100°, fornisce cristalli bianchissimi, prismatici a base di rombo.

Un grammo di dimetilisolivile essiccato a 100° e bollito con 50 gr. di una *soluzione acetica 1:4*, dà aghi sottili, trasparenti, lunghi più centimetri, che per-

dono di peso e si opacano sull'acido solforico, inquantochè eliminano due mol. d'acqua:

Gr. 1,0717 perdono così gr. 0.0835, ossia *7.79* %;

$C_{21}H_{26}O_7 . 2H_2O$ contiene **8.45** % di acqua.

Anche questo prodotto fonde a 150° circa, ed oltre questa temperatura riprende lo stato solido, per fondersi poi a *208°*.

Il prodotto così ottenuto, essiccato cioè fino a costanza di peso (quindi perfettamente anidro), fu analizzato:

I. Gr. 0.2242 di sostànza diedero gr. 0.5302 di CO_2 e gr. 0.1385 di H_2O
II. „ 0.2374 „ „ 0.5600 „ „ 0.1430 „

corrispondenti a:

I. C % 64.50 H % 6.82
II. „ 64.33 „ 6.69

Il teorico per $C_{21}H_{26}O_7$ è: C % **64.62** H % **6.67**.

Determinazione dell'*ossimetile* nel monometilisolivile idrato:

I. Gr. 0.3218 di sostanza diedero gr. 0.5150 di AgI
II. „ 0.2910 „ „ 0.4670 „

corrispondenti a:

I. 21.12 % di ossimetile sul peso della sostanza, o 8.175 % del carbonio.
II. 21.22 „ „ „ o 8.214 „

Il teorico per $C_{18}H_{17}(OCH_3)_3 + 2H_2O$ è **21.8** % di ossimetile, corrispondente a **8.44** % di carbonio dell'ossimetile sul carbonio totale contenuto nella molecola.

Il *monometilisolivile* idrato fu studiato cristallograficamente nel Laboratorio di Mineralogia del Museo civico di Milano, diretto dal prof. E. Artini. Lo studio fu eseguito dal dott. Repossi, il quale gentilmente ci comunica:

« Cristallizza nel sistema *tetragonale*, classe *piramidale ditetragonale*.
« Rapporto parametrico:

$$a : c = 1 : 0.91654.$$

« Forme osservate:

$$\{100\}, \{110\}, \{111\}, \{201\}, \{11\bar{1}\}, \{hh\bar{l}\}.$$

« La polarità dell'asse verticale è stata dimostrata mediante prove piroelettriche e con le figure di corrosione.

« È sostanza otticamente anomala. Le sezioni normali all'asse singolare si mostrano divise in quattro settori birifrangenti biassici» .

Dal monometilisolivile per *ulteriore metilazione* si ottenne del dimetilisolivile, il quale corrispondeva perfettamente in tutti i suoi caratteri al dimetilderivato preparato direttamente per metilazione completa dell'isolivile. Per maggiore sicurezza fu analizzato anche questo prodotto:

I.	Gr. 0.2528	di sostanza diedero gr.	0.6035	di CO_2	e gr.	0.1564	di H_2O
II.	» 0.2536	» »	0.6078	»	»	0.1560	»

corrispondenti a:

I.	C %	65.10	H %	6.87
II.	»	65.36	»	6.83

mentre la formola $C_{22} H_{28} O_7$ richiede: C % **65.34** H % **6.93**.

Dietilisolivile: $C_{24} H_{32} O_7$, o $[C_{18} H_{16} O_3 (OCH_3)_2 (OC_2 H_5)_2]$.

La etilazione dell'isolivile riesce altrettanto bene come la metilazione; è poi da notare che del dietilisolivile si forma facilmente anche durante la preparazione del dietilolivile, ed è anzi difficile ottenere quest'ultimo perfettamente esente dal primo, al quale del resto somiglia in molte delle sue proprietà.

Il miglior modo di preparazione del dietilisolivile consiste nel far reagire 50 gr. di isolivile disciolto in 150 di alcool etilico assoluto, con gr. 15 di idrato potassico puro (contenente circa 81 % di KOH) e gr. 41.2 di ioduro etilico di recente preparazione, che si introduce come il solito da imbuto a robinetto.

Il dietilisolivile si ottiene ben cristallizzato, bianco, splendente, in aghetti poco sviluppati, da soluzione in alcool assoluto. Il *punto di fusione* è a *179-179°,5*. Non trattiene solvente; essiccato nel vuoto a 100° per due ore non subisce perdita di peso. In alcool di 95 % è molto più *solubile* a caldo che a freddo; una soluzione di 22° ne contiene poco più dell'1 %.

Si fecero quattro analisi su campioni di diversa preparazione:

I.	Gr. 0.2536	di sostanza diedero gr.	0.6248	di CO_2	e gr.	0.1657	di H_2O
II.	» 0.2493	» »	0.6149	»	»	0.1599	»
III.	» 0.2512	» »	0.6136	»	»	0.1596	»
IV.	» 0.2502	» »	0.6116	»	»	0.1626	»

corrispondenti a:

I.	C %	67.19	H %	7.25
II.	»	67.26	»	7.12
III.	»	66.61	»	7.05
IV.	»	66.66	»	7.21
Media	»	*66.91*	»	*7.16*

Il composto $C_{24}H_{32}O_7$ richiede: C % **66.67** H % **7.41**.

Il *potere rotatorio ottico* del dietilisolivile (esente di dietilolivile?) fu misurato in soluzione alcoolica (alcool di 95 %):

per una concentrazione: $c = 1.1342$ a 22°,5 : $\alpha = + 0°,65$ (tubo di 15 cm.).

da cui:

$$[\alpha]_D^{22°,5} = + 38.22 .$$

Per *ossidazione* con permanganato potassico, il dietilisolivile fornisce prodotti analoghi a quelli dati dal dimetilisolivile, che verranno descritti in seguito.

Minoetilisolivile: $C_{22}H_{28}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3(OH)(OCH_3)_2(OC_2H_5)]$.

Si può ottenere in quantità rilevanti dalla etilazione dell'isolivile, riducendo a tre quarti le quantità di potassa e di ioduro etilico teoricamente richiesti per la metilazione completa; si separa poi dal prodotto bietilato disciogliendolo nella potassa caustica diluita e riprecipitandolo con anidride carbonica. Verso i solventi questa sostanza ha un comportamento molto curioso; infatti essa si mostra insolubile nella maggior parte di essi, o pochissimo solubile (alcool metilico ed etilico, etere, acetone, cloroformio, acetato etilico); però la sua solubilità aumenta se questi solventi contengono dell'acqua; ma allora quello che ne cristallizza in aghetti concentrici non è il monoetilisolivile anidro, ma un composto con due molecole d'acqua in più. Questa grande affinità per l'acqua si manifesta al punto da toglierne anche all'alcool concentratissimo di più che 98 %; e se si adopera alcool assoluto scaldando ad ebollizione con refrigerante aperto, esso passa in soluzione man mano che il solvente assorbe l'umidità dell'aria. Il *punto di fusione* di questo prodotto è a *148-150°*; si tratta di fusione nel solvente di cristallizzazione: però al di là di questa temperatura la sostanza tenderebbe a riprendere lo stato solido, senza che ciò possa avvenire in modo completo, così che non si può riconoscere alcun altro punto di fusione più elevato.

I dati analitici qui riportati riguardano un prodotto avuto da soluzione in alcool di 90 %:

I.	Gr. 0.9026	di sostanza a 170°	per un'ora	(corr. di CO_2)	perdono gr.	0.0734	di H_2O
II.	" 1.2348	"	"	"	"	0.0990	"
III.	" 1.6230	"	"	"	"	0.1326	"
IV.	" 50.0	"	"	"	"	4.075	"

corrispondenti a:

I. 8.13 di acqua %
II. 8.02 " "
III. 8.17 " "
IV. 8.15 " " (raccolta per il riconoscimento analitico).

La formola $C_{22}H_{28}O_7 + 2H_2O$ richiede **8.18** % di acqua.

Due altri campioni ottenuti da alcool metilico anidro (I Kahlbaum), diedero rispettivamente 7.9 e 7.34 % di acqua, il che fa supporre che vicino al prodotto idrato vi fosse una piccola quantità di prodotto anidro.

Etil-metilisolivile

(*Monometilisolivile etilato*): $C_{23}H_{30}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3(OCH_3)_3(OC_2H_5)]$.

Come si disse, contrariamente a quanto avviene per i derivati diretti dell'olivile, il prodotto che si ottiene etilando il monoetilisolivile è assolutamente diverso da quello che si ha metilando il monoetilisolivile.

Il primo, che ora descriviamo, si discioglie in alcool di 98.5 % in misura del 0.38 % circa, cristallizza in aghetti radialmente disposti e *si fonde* a *189°* circa.

Ecco i risultati dell'analisi elementare:

I.	Gr. 0.2370	di sostanza diedero gr.	0.5709	di CO_2	e gr. 0.1564	di H_2O
II.	" 0.1806	" "	0.4341	"	" 0.1214	"
III.	" 0.1915	" "	0.4603	"	" 0,1300	"
IV.	" 0.2474	" "	0.5970	"	" 0.1637	"

corrispondenti a:

I.	C %	65.70	H %	7.33	(1)
II.	"	65.55	"	7.47	(1)
III.	"	65.55	"	7.53	(1)
IV.	"	65.81	"	7.35	

Il teorico per $C_{23}H_{30}O_7$ è: C % **66.03** H % **7.18**.

(1) Queste tre combustioni furono eseguite con l'apparecchio di Carrasco-Plancher.

Attività ottica dell' etil-metilisolivile in soluzione alcolica satura a freddo:

per una concentrazione: $c = 0.3045$ a $25°$ è $\alpha = +0°,23$ (tubo di 15 cm.),

da cui:

$$[\alpha]_D^{25°} = +50°,35 .$$

Metil-etilisolivile

(*Monoetilisolivile metilato*): $C_{23}H_{30}O_7$, $C_{18}H_{16}O_3$ o $[(OCH_3)_3(OC_2H_5)]$.

Isomero del precedente, ma del tutto diverso nelle proprietà fisiche e chimiche.

La sua *solubilità* in acqua è piccolissima anche ad ebollizione (0.233 %) e discende a 0.0273 % a freddo. Nell'alcool di 98,5 % si discioglie a freddo solo nel rapporto di 1.74 %.

Il suo *punto di fusione* è a *168°*. All'analisi:

Gr. 0.2285 di sostanza diedero gr. 0.5501 di CO_2 e gr. 0.1513 di H_2O

corrispondenti a:

C % *65.66* H % *7.35*

mentre $C_{23}H_{30}O_7$ richiede: C % **66.03** H % **7.18**.

L'*attività ottica* fu determinata in soluzione alcoolica satura a freddo:

per una concentrazione: $c = 1.355$ è $\alpha = +0°,8$ (tubo di 15 cm.).

da cui:

$$[\alpha]_D^{25°} = +39°,36 ;$$

per una concentrazione: $c = 2.4485$ (sovrasatura) è $\alpha = +1°,7$ (tubo di 15 cm.),

da cui:

$$[\alpha]_D^{25°} = +46°,3 .$$

Benzil-metilisolivile

(*Metilisolivile benzilato*) $C_{28}H_{32}O_7$, o $[C_{18}H_{16}O_3.(OCH_3)_3(OCH_2.C_6H_5)]$.

Ottenuto per introduzione del gruppo benzilico nella molecola del Monometilisolivile. Esso cristallizza da alcool assoluto in aghetti lunghi dotati dello splendore del raso; al tatto appare untuoso come talco. È affatto insolubile in soluzioni di alcali bollenti; non contiene solvente di cristallizzazione *si fonde* a *173°-174°*.

I.	Gr. 0.2452 di sostanza diedero	gr. 0.6284 di CO_2	e gr. 0.1437 di H_2O
II.	» 0.2422	»	» 0.6190	»	» 0.1433 »
III.	» 0.2526	»	» 0.6458	»	» 0.1571 »
IV.	» 0.2511	»	» 0.6447	»	» 0.1544 »

corrispondenti a:

I.	C %	69.89	H %	6.51
II.	»	69.70	»	6.57
III.	»	69.72	»	6.89
IV.	»	70.01	»	6.82
Media	»	*69.83*		*6.70*

La formola $C_{28} H_{32} O_7$ richiede C % **70.00** H % **6.67**.

Riassumiamo per sommi capi i risultati delle nostre ricerche sovraesposte, sull'olivile e sui derivati suoi più prossimi di sostituzione e di trasformazione: da quanto apparisce dall'insieme delle ricerche analitiche più accurate, alla molecola dell'*olivile* spetta indubbiamente la formola $C_{20} H_{24} O_7$ (p. m. 376), e lo stesso può dirsi dell'*isolivile*, che è veramente un suo isomero, e si forma dall'olivile per trasposizione molecolare, sotto l'azione di un acido organico diluito (acetico o formico). L'inversa di questa reazione — la quale ricorda la trasformazione dei pinaconi in pinacoline — non ci è riuscita finora in nessun modo.

L'*olivile* si unisce con molti dei suoi *solventi*, molecola a molecola, per dare dei prodotti ben cristallizzati, che perdono il solvente di cristallizzazione a temperature relativamente elevate. Si comportano in questo modo l'*acqua*, l'*alcole metilico*, l'*alcole etilico*, il *propilico*, l'*isopropilico*. Dall'alcole butilico terziario, dall'alcole benzilico e dall'acetone si ottiene olivile anidro.

L'*isolivile* si unisce anch'esso, in certe condizioni, coi solventi, che perde però con maggiore facilità.

Queste sostanze sono otticamente attive: l'*olivile* è fortemente *levogiro*, come anche i suoi derivati; l'*isolivile* ha un maggiore potere rotatorio ottico, ma inverso: esso ed i suoi derivati sono *destrogiri*.

Quanto alla *costituzione* dell'olivile si è dimostrata l'esistenza nella molecola di *due ossidrili fenici* (solubilità negli alcali anche diluiti, precipitabilità mediante anidride carbonica dalle soluzioni alcaline, prove di eterificazione, parziale alterabilità all'aria, ecc.) e di *due gruppi ossimetilici* (determinazione degli ossimetili col metodo di Zeisel). In ultima analisi si rivela la presenza di *aggruppamenti vaniglici* (formazione di vaniglina per azione di KOH, di acido acetovaniglico e, rispettivamente, di acido veratrico e veratroilformico per ossidazione dell'acetilolivile e del dimetilolivile.

Il risultato più importante, che si riferisce alla costituzione della molecola dell'olivile, ci è fornito dalle prove di ossidazione sul composto completamente eterificato (specialmente il dimetilolivile), che noi abbiamo eseguite con rigoroso controllo e in condizioni svariate, al fine di poterne ricavare non solo dei dati qualitativi, ma anche ed essenzialmente dei criterî quantitativi. Infatti, come si può osservare dalla tabella che qui appresso esponiamo, se si regola l'ossidazione in modo da arrestarla quando la parte più ossidabile è demolita, — il che si può fare con sufficiente approssimazione, — allora l'ossigeno consumato corrisponde all'incirca a 12 atomi per ogni molecola di olivile. Se si adopera meno permanganato, un po' del prodotto iniziale rimane intatto nelle acque e si può separare e facilmente riconoscere; se invece si impiega una maggior dose di ossidante, l'azione dell'ossigeno finisce per riversarsi sui primi prodotti dell'ossidazione.

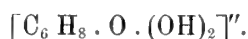
Allorchè il permanganato agisce nella condizione più favorevole sopra detta (circa 12 atomi di O attivo per ogni molecola di dimetilolivile) i prodotti che si formano — prescindendo dall'anidride carbonica e dall'acqua — sono l'*acido veratrico*, l'*acido veratroilformico* e l'*acido ossalico*. I due primi si ritrovano in quantità pressochè uguali, che, nelle condizioni più favorevoli, rappresentano per ciascuno circa il 50 °/₀ della sostanza primitiva e precisamente, in misura assoluta, un po' meno del primo (43.2 a 52.45 °/₀ variando le altre condizioni) che del secondo (43.7 a 54 °/₀) [1]. Ordinariamente però l'acido veratrico si trova in quantità maggiore di quella calcolata, e l'altro in quantità minore, perchè una parte di questo si trasforma nel primo per ulteriore ossidazione [2].

[1] Le cifre devono essere un po' aumentate per il primo (ac. veratrico), perchè un poco rimane nelle acque madri, e diminuite per il secondo, il quale trattiene un po' di acido veratrico, allorchè viene estratto con etere dalle acque.

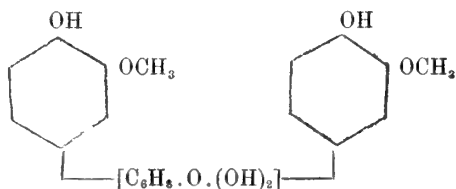
[2] Calcolando, per ogni molecola di dimetilolivile, una di acido veratrico ed una di veratroilformico, si dovrebbe avere: *41,6* °/₀ del primo e *48.5* °/₀ del secondo. Teoricamente dovrebbero bastare, per raggiungere questo equilibrio, 10 atomi di ossigeno, se si potessero impedire le ossidazioni successive; il che è praticamente impossibile.

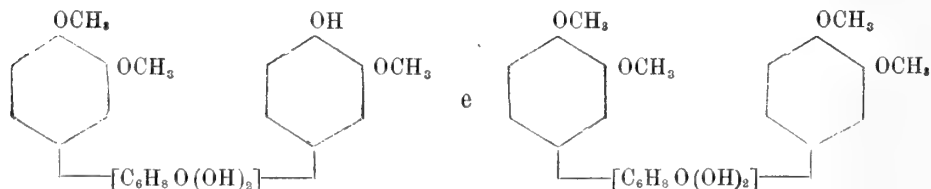
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Dimetilolivile ossidato. gr.	4	4	4	4	10	10	10	40	50	50	50	50	50	50
$KMnO_4$ adoperato (al 2,5 °/₀₀). gr.	10	12	15	20	37.5	37.5	37.5	150	187	187	187	187	156	162
KOH » »	6	6	6	6	15	25	15	25	31	31	31	65	31	31
Temperatura	100°	100°	100°	100°	100°	100°	100°	100°	100°	60°	10°-16°	100°	2°-8°	100°
Durata in giorni	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	9	1	8	1
Ac. veratrico ottenuto °/₀, gr.	27.5	32.5	36.25	36.5	42.5	33	48.5	52.25	43.2	48	39.2	48.4	37.2	45
» veratroilcarbonico °/₀, gr.	—	—	—	—	—	—	—	43 7	—	48.6	54	—	56	—
» ossalico °/₀, gr.	—	—	—	—	—	—	—	2 5	—	10.7	14.1	5.6	7.3	4.2
Dimetilolivile ricup. inalterato	0.5	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—

Tutto ciò induce a credere che i due acidi principali siano da considerarsi come i primi prodotti di demolizione della molecola dell'olivile e prendano origine contemporaneamente da due porzioni distinte della molecola; devono esistere adunque in essa due aggruppamenti vaniglici connessi tra di loro mediante una catena contenente sei atomi di carbonio, dieci di idrogeno e tre di ossigeno: $(C_6H_{10}O_3)''$. L'acido ossalico deve certamente la sua origine alla ossidazione di questa catena laterale, che apparisce dotata di una certa instabilità e viene quindi attaccata con facilità dall'ossigeno attivo del permanganato. Sappiamo inoltre, da prove di acetilazione eseguite sul dimetilolivile, che in questa catena laterale esistono due ossidrili alcoolici (vedi pag. 765); possiamo dunque rappresentarla nel seguente modo:

$$[C_6H_8 . O . (OH)_2]''.$$

Le considerazioni ora svolte ci autorizzano quindi a rappresentare l'olivile con la seguente formola:

OH OCH$_3$ — OH OCH$_3$

$[C_6H_8 . O . (OH)_2]$

da cui si ottengono per eterificazione i prodotti mono- e bisostituiti, come il *monometilolivile* ed il *dimetilolivile*:

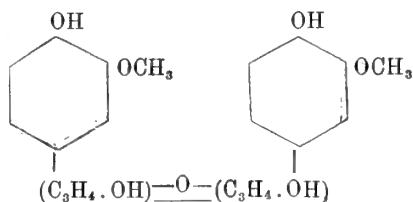
OCH$_3$ OCH$_3$ — OH OCH$_3$ — $[C_6H_8O(OH)_2]$ e OCH$_3$ OCH$_3$ — OCH$_3$ OCH$_3$ — $[C_6H_8O(OH)_2]$

Il fatto che si ottiene un solo monosostituito e che, d'altra parte, la sostituzione alternata contemporanea di due radicali diversi (metile ed etile) all'idrogeno dei due ossidrili fenici conduce al medesimo composto, fa credere che la molecola sia simmetrica; ne viene allora di conseguenza che *simmetrica* deve essere anche la disposizione degli atomi nella catena laterale $[C_6H_8(OH)]''$. Bisogna però ricordare che l'olivile è dotato di notevole attività ottica, il che rivela la esistenza di atomi di carbonio asimmetrici nella molecola: ora, se teniamo conto che l'insieme della molecola è simmetrico, risulta come necessaria l'esistenza di almeno una coppia di tali atomi asimmetrici, analogamente a quanto si ha nell'acido tartrico attivo.

Se si tien conto di questa simmetria, del fatto che, verosimilmente, la molecola dell'olivile è il prodotto di condensazione di due molecole identiche; e se si pensa

che l'ultimo atomo di ossigeno non si mostra in alcuna reazione, si è condotti a credere che esso contribuisca a tenere insieme le due catene laterali a tre atomi di carbonio dei due gruppi vanillici, formando tra di esse un ponte (funzione di etere):

OH OH

OCH_3 OCH_3

$$(C_3H_4 . OH) - O - (C_3H_4 . OH)$$

La formazione di acido chetonico (veratroilformico) durante l'ossidazione del prodotto bimetilato depone in favore dell'ipotesi che tale atomo di ossigeno si trovi a cavallo tra i primi due atomi delle catene laterali; crediamo tuttavia che questo particolare deve ancora essere approfondito, specialmente con lo studio esauriente della trasformazione dell'olivile in isoolivile.

A questo punto facciamo osservare come tale costituzione metta in evidenza la parentela che esiste tra l'olivile e l'alcool coniferiglico, per cui l'olivile non sarebbe altro che un prodotto di condensazione e parziale ossidazione dell'alcool suddetto. Per quanto riguarda l'origine immediata dell'olivile nella pianta, resta sempre aperta la questione se esso, o il prodotto da cui deriva, sia da considerarsi come materiale di demolizione di una molecola glucosidica, perchè, quantunque siano stati già segnalati indirettamente composti di tale natura in varie parti della pianta, essi non furono ancora separati nettamente per un riconoscimento definitivo [1].

La costituzione dell'*isolivile* differisce da quella dell'olivile, verosimilmente solo nella disposizione degli atomi della catena laterale, mentre pare che rimangano intatti i due gruppi vaniglici. Infatti troviamo anche nell'isolivile i *due ossidrili fenici* ed i *due ossimetili*; e dall'ossidazione spinta del dimetilisolivile si ottiene dell'acido veratrico come dal dimetilolivile. Quanto alla catena laterale, pare che abbia conservato i due ossidrili alcoolici; quello che è certo si è che essa — e di conseguenza tutta la molecola dell'isolivile — ha perduto la simmetria, perchè abbiamo dimostrato la possibilità di ottenere due derivati diversi introducendo, mediante il processo di eterificazione, alternativamente nella molecola due radicali diversi contemporaneamente (metil-etilisolivile ed etil-metilisolivile). Per l'isolivile quindi la attività ottica può essere imputabile alla presenza di un solo atomo di carbonio asimmetrico.

[1] T. B. Power e F. Tutin: *The constitution of Olives leaves* (Journ. of the chem. Soc. *147*, 891; 1908, e: *The constituents of Olive Bark* (*ibid.* p. 904); E. Bourquelot e J. Vintilesco: *Sur l'Oleuropéine nouveau principe de nature glucosidique retiré de l'olivier* (Journ. de Chimie e de Pharm. 1 Oct. 1908); T. B. Power e F. Tutin: *Some observations regarding « Oleuropein from olive leaves »* (The Pharmaceutical Journ. 5 Dec. 1908); v. anche B. L. Vanzetti: *Sull'esistenza di un glucoside nei rami giovini dell'olivo* (R. Accad. Lincei, XVIII, 1909).

È notevole il fatto che gli isomeri dei derivati dell'olivile non sono direttamente ottenibili da questi, perchè una volta eterificati gli ossidili fenici della molecola dell'olivile, la trasformazione mediante gli acidi organici diluiti non è più possibile.

Sulla costituzione della catena laterale nell'isolivile non possiamo fare, per ora, che delle supposizioni. La nostra ricerca continua ora sui prodotti di ossidazione che da esso e dai suoi derivati si ottengono, prodotti, che sono molto diversi da quelli avuti per ossidazione dei derivati dell'olivile, e che si presentano con proprietà molto interessanti.

Per ultimo riportiamo nelle seguenti tabelle di confronto l'olivile e i suoi derivati per sostituzione e trasformazione, con alcuna delle loro caratteristiche:

	Formazione grezza	P. M.	Formazione razionale	Punto di fusione	*Osservazioni*
Olivile anidro amorfo	$C_{20}H_{24}O_7$	376	$C_6H_8O(OH)_9 : (C_6H_3 \cdot OH \cdot OCH_3)_2$	66-70°	
» » cristallino.	»	»	»	142°.5	
» idrato	$C_{20}H_{26}O_8$	394	» $+ H_2O$	ca. 105°	
» metilalcolato	$C_{21}H_{28}O_8$	408	» $+ CH_3 \cdot OH$	» 97°	
» etilalcolato	$C_{22}H_{30}O_8$	422	» $+ C_2H_5 \cdot OH$	ca. 120°	
» propilalcolato	$C_{23}H_{32}O_8$	436	» $+ C_3H_7 \cdot OH$	104°	
» isopropilalcolato	»	»	» $+ C_3H_7 \cdot OH$	101°.5	
» allilalcolato	$C_{23}H_{30}O_8$	434	» $+ C_3H_5 \cdot OH$	103°	
Dimetilolivile.	$C_{22}H_{28}O_7$	404	$C_6H_8O(OH)_2 : [C_6H_3(OCH_3)_2]_2$	156°	
Monobromodimetilolivile	$C_{22}H_{27}O_7Br$	483	$C_6H_8O(OH)_2 : < \begin{matrix} C_6H_2Br(OCH_3)_2 \\ C_6H_3(OCH_3)_2 \end{matrix}$	128°	Crist. con C_6H_6 - fonde a 85°
Dibromodimetilolivile	$C_{22}H_{26}O_7Br_2$	562	$C_6H_8O(OH)_2 : [C_6H_2Br(OCH_3)_2]_2$	132°	
Monometilolivile.	$C_{21}H_{26}O_7$	390	$C_6H_8O(OH_2) < \begin{matrix} C_6H_3 \cdot OH \cdot OCH_3 \\ C_6H_3 \cdot (OCH_3)_2 \end{matrix}$	218°	
Dietilolivile	$C_{24}H_{32}O_7$	432	$C_6H_8O(OH)_2 : (C_6H_3 \cdot OCH_3 \cdot OC_2H_5)_2$	182°	

	Formazione grezza	P. M.	Formazione razionale	Punto di fusione	*Osservazioni*
Monoetilolivile	$C_{22}H_{28}O_7$	404	$C_6H_8O(OH)_2 < \begin{matrix} C_6H_3 \cdot OH \cdot OCH_3 \\ C_6H_3 \cdot OC_2H_5 \cdot OCH_3 \end{matrix}$	145°	
Metiletilolivile	$C_{23}H_{30}O_7$	434	$C_6H_8O(OH)_2 < \begin{matrix} C_6H_3(OCH_3)_2 \\ C_6H_3 \cdot OC_2H_5 \cdot OCH_3 \end{matrix}$	169°	
Dipropilolivile	$C_{26}H_{36}O_7$	460	$C_6H_8(OH)_2 : (C_6H_3 . OC_7H_7 \cdot OCH_3)_2$	135°.5	
Dibenzilolivile	$C_{34}H_{36}O_7$	546	$C_6H_8O(OH_2 : (C_6H_3 \cdot OCH_3 \cdot OC_7H_7)_2$	ca. 157°	
Isolivile	$C_{20}H_{24}O_7$	376	$C_6H_{10}O_3 : (C_6H_3 \cdot OH \cdot OCH_3)_2$	167°	
Dimetilisolivile	$C_{22}H_{28}O_7$	404	$C_6H_{10}O_3 : [C_6H_3(OCH_3)_2]_2$	184°.5	
Monometilisolivile	$C_{21}H_{26}O_7$	390	$C_6H_{10}O_3 < \begin{matrix} C_6H_3 \cdot OH \cdot OCH_3 \\ C_6H_3 \cdot (OCH_3)_2 \end{matrix}$	207°	Crist. con $2H_2O$ - f. a 150° ca. " " CH_3OH - " 130° "
Dietilisolivile	$C_{24}H_{32}O_7$	432	$C_6H_{10}O_3 : (C_6H_3 . OCH_3 \cdot OC_2H_5)_2$	179°	
Monoetilisolivile	$C_{22}H_{28}O_7$	404	$C_6H_{10}O_3 < \begin{matrix} C_6H_3 \cdot OH \cdot OCH_3 \\ C_6H_3 \cdot OC_2H_5 \cdot OCH_3 \end{matrix}$	—	Crist. con $2H_2O$ - f. a 149° ca.
Etil-metilisolivile	$C_{23}H_{30}O_7$	434	$C_6H_{10}O_3 < \begin{matrix} C_6H_3 (OCH_3)_2 \\ C_6H_3 \cdot OC_2H_5 \cdot OCH_3 \end{matrix}$	189°	
Metil-etilisolivile	"	"	$C_6H_{10}O_3 < \begin{matrix} C_6H_3 \cdot OC_2H_5 \cdot OCH_3 \\ C_6H_3(OCH_3)_2 \end{matrix}$	168°	
Benzil-metilisolivile	$C_{28}H_{32}O_7$	480	$C_6H_{10}O_3 < \begin{matrix} C_6H_3(OCH_3)_2 \\ C_6H_3 \cdot OC_7H_7 \cdot OCH_3 \end{matrix}$	173°.5	

Sulle Cromoisomerie [1].

Memoria del Corrisp. A. PIUTTI e di E. DE' CONNO [2]

inviata all'Accademia il 16 luglio 1911

(con una tavola).

Del fatto che una sostanza può presentarsi in due modificazioni diversamente colorate, senza che perciò si possa ad essa attribuire, con le rappresentazioni usuali, una diversità di struttura, cioè del fenomeno che Hantzsch più tardi chiamò *Cromoisomeria* [3], uno di noi sin dal 1893 [4], preparando i derivati ftalici dei p-amminofenoli, aveva fatto la osservazione che la p-metossifenilftalimmide bianca, sciolta a bollore nell'alcool, cristallizza in aghi gialli aventi lo stesso punto di fusione, e ne dette argomento per una tesi di laurea al dott. E. Castellaneta il quale osservò che anche durante la fusione avveniva tale trasformazione [5]. Più tardi [6] in seguito ad analoghe osservazioni fatte sopra derivati maleinici ed itaconici, egli riprese la questione col dott. Abati descrivendo altri composti ftalici ed idroftalici che presentavano il fenomeno della doppia colorazione, considerandoli piuttosto come isomerie fisiche dello stesso genere dello zolfo, del joduro mercurico, ecc. [7].

In un lavoro sull'*Azione di acidi dicarbonici non saturi sui p-amminofenoli* [8], che riunisce le ricerche fatte anche con altri assistenti ed allievi, vennero descritte diverse coppie di sostanze bianche e gialle aventi la stessa composizione e che si comportavano come le corrispondenti immidi ftaliche ed idroftaliche, come, p. es:

l'ossifenilpirocinconimmide . . .	fusibile a	200°,
la metossifenilpirocinconimmide	"	139°,
e l'etossifenilpirocinconimmide	"	117°;

Ma vennero anche ottenute altre che, pur presentando il fenomeno della doppia colorazione, non fondevano alla stessa temperatura e mostravano caratteri non perfet-

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto chimico-farmaceutico della R. Università di Napoli.

(2) La continuazione di questi lavori da solo o con altri, con queste o con analoghe sostanze e principalmente per risolvere il problema che da parecchi anni (Rend. Accad. Scienze fis. e mat. di Napoli, serie 3ª, vol. VII, pag. 173; idem. vol. IX, pag. 233; Rend. Acc. Lincei, vol. XVII, serie 5ª, pag. 637) mi son posto, della struttura di questi isomeri diversamente colorati, si prosegue in questo Istituto che il dott. E. De' Conno ha lasciato. A. P.

(3) Chem. Zeit., N. 76, 943.

(4) A. Piutti, Rend. R. Acc. Sc. Fis. e Mat di Napoli, 11 marzo 1893.

(5) Orosi, XVI (1893), pag. 289.

(6) A. Piutti e G. Abati, Gazz. Chim. XXX, b, 1; Ber., XXXVI, 996 [1902].

(7) Rend. R. Acc. Sc. Fis. e Mat. di Napoli, 11 luglio 1903.

(8) Gazz. Chim. Vol. XL a pag. 488.

tamente corrispondenti a quelli dei menzionati isomeri fisici, come, p. es., le immidi maleiniche ed alcuni acidi itaconammici sostituiti.

Abbiamo voluto servirci di queste sostanze per uno studio di confronto nelle coppie diversamente colorate facendo uso di un metodo che, secondo ogni presunzione, non le altera più di quanto lo possa fare il solvente neutro in cui sono disciolte: *quello dell'assorbimento dello spettro del ferro attraverso le loro soluzioni molto diluite.*

Era da supporre, ragionevolmente, che i composti aventi identica struttura chimica, avrebbero anche assorbito le stesse radiazioni luminose, mentre la più piccola diversità nella costituzione si sarebbe manifestata con la scomparsa di altre righe nello spettro, dando così il mezzo, mediante semplici fotografie, di distinguere ciò che noi chiamiamo isomeria fisica dalla isomeria chimica propriamente detta.

Il fatto corrispose perfettamente alle previsioni ottenendosi nel caso delle immidi ftaliche bianche e gialle, fusibili entrambe alla stessa temperatura, fisicamente isomeriche, fotografie sovrapponibili; e nel caso delle immidi maleiniche bianche e gialle (isomeria chimica), fotografie non sovrapponibili.

Fatta questa prima osservazione uno di noi ne dette comunicazione alla Reale Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche nella seduta del 18 giugno 1910, riservandosi di vedere se il metodo era estensibile anche ad altri composti analoghi e poteva perciò servire per decidere sulla natura delle loro isomerie, portando nello stesso tempo un contributo alla questione più generale, se le nostre formule di struttura sono in grado di rappresentarle.

Onde constatare se anche sostanze di struttura affatto diversa ma che presentavano egualmente lo stesso punto di fusione e la doppia colorazione, si comportavano nello stesso modo, dopo le coppie:

p-metossifenilftalimmide	bianca	fusibili a 162°
"	gialla	
p-metossifenimeleinimmide	bianca	" 145°
"	gialla	" 148°
p-etossifenilmaleinimmide	bianca	" 127°
"	gialla	" 135°,

abbiamo sperimentato la:

nitro-p-acetotoluide	bianca	fusibili a 95°
"	gialla	

e la:

o-*p*-dinitrofenil-*o*-tolilammina	rossa	fusibili a 129°
"	gialla	

Ed in seguito le seguenti immidi pirocinconiche:

p-ossifenilpirocinconimmide	bianca	fusibili a 205°
"	gialla	
p-metossifenilpirocinconimmide	bianca	fusibili a 142°
"	gialla	
p-etossifenilpirocinconimmide	bianca	fusibili a 120°
"	gialla	

che si comportano come le ftaliche.

Prendemmo poi in esame i seguenti acidi itaconammici sostituiti:

Acido *p*-ossifenilitaconammico	bianco	fusibile a	161°-162°
" "	giallo	"	118°-119°
" "	bianco	"	97°- 98°
" *p*-metossifenilitaconammico	bianco	"	166°-167°
" "	giallo	"	144°-145°
" "	bianco	"	135°-136°
" *p*-etossifenilitaconammico	bianco	"	165°-166°
" "	giallo	"	148°-149°
" "	bianco	"	134°-135°

e trovammo che si comportano come le immidi maleiniche se si confrontano due degli isomeri diversamente colorati (I e II, o II e III); mentre si comportano come le immidi ftaliche i due isomeri bianchi (I e III), pur essendo fusibili a temperature differenti.

Abbiamo infine sperimentato con le fumardiammidi:

p-metossifenilfumardiammide	bianca	fusibile a	224°
"	gialla	"	220°
p-etossifenilfumardiammide	bianca	"	230°
"	gialla	"	227°

Le fotografie ottenute con le nitro-*p*-acetotoluidi, *o*-*p*-dinitrofenil-*o*-tolilammine, immidi pirocinconiche, e gli isomeri I e III degli acidi itaconammici sostituiti sono perfettamente sovrapponibili, ed è perciò da ritenere che la loro isomeria sia dello stesso genere di quella delle immidi ftaliche ed idroftaliche.

Invece le fotografie ottenute con le immidi maleiniche e gli isomeri I e II, II e III degli acidi itaconammici sostituiti non sono sovrapponibili, come si prevedeva, e le sostanze si possono perciò considerare come chimicamente isomeriche.

Le diammidi fumariche, che uno di noi aveva ritenuto come fisicamente isomeriche [1], poichè fondevano quasi alla stessa temperatura, presentavano le stesse reazioni chimiche e si trasformavano reciprocamente l'una nell'altra, si son mostrate invece chimicamente isomeriche perchè ulteriormente purificate davano spettri di assorbimento non sovrapponibili.

Il confronto fotografico degli spettri di assorbimento fa dunque sorgere legittimi dubbî sulla identità di struttura di queste diammidi, le quali potrebbero essere simmetriche ed asimmetriche, ma anche l'una fumarica (gialla) e l'altra aspartica (bianca); esse saranno perciò studiate in seguito da questo punto di vista.

(1) A. Piutti, R. Acc. dei Lincei, Roma, vol XVII, serie 5ª, 1° semestre, fasc. 10 (1908).

PARTE SPERIMENTALE

Metodo seguito.

Il metodo di lavoro seguito fu quello dell'Hartley [1] sostituendo solamente all'arco voltaico fra elettrodi di lega di stagno, piombo, cadmio e bismuto, da lui adoperato, quello fra elettrodi di ferro, il quale dà un numero maggiore di linee distribuite quasi uniformemente in tutto lo spettro e permette quindi una più accurata constatazione dei limiti dell'assorbimento.

Per la stessa ragione non abbiamo punto cercato di ottenere lo spettro del ferro esente da qualunque impurezza; abbiamo trovato anzi più vantaggioso, per la pratica, di servirci del ferro dolce tal quale si trova in commercio.

Le linee estranee più forti che vi si rinvengono sono quelle del manganese, due delle quali furono determinate da Buisson e Fabry [2] per mezzo di riferimenti fondamentali in una regione dove le linee del ferro sono debolissime. La presenza del manganese è dunque utile e si è sicuri di ritrovarlo in qualunque campione di ferro commerciale.

L'apparecchio adoperato fu uno spettrografo di Hilger (grandezza C), fornito di una camera fotografica che permette l'impiego di lastre 10×25, sulle quali, con un regolare spostamento nel senso verticale, si possono ottenere successivamente molte imagini insieme a quella della scala, che dà direttamente le lunghezze d'onda.

Le lastre adoperate furono le « *Wratten Panchromatic* » della Ditta Wratten e Wainwright di Croydon (Inghilterra), le quali hanno una sensibilità pressochè uguale per i raggi delle varie lunghezze d'onda.

L'arco deve essere alimentato da una corrente continua, ed è stabilissimo se si adopera una corrente che non sia troppo intensa con tensione abbastanza elevata.

Abbiamo perciò operato con una corrente avente la tensione di 150 volts ed una intensità di 5-6 ampères, ottenuta interponendo una resistenza conveniente. La lunghezza dell'arco era in queste condizioni di 10-15 mm.

Per contenere le diverse soluzioni venne adoperata una cella regolabile consistente in due tubi di vetro, uno dei quali scivola facilmente nell'altro. I due tubi sono chiusi alle estremità della stessa parte con una lastra di quarzo: un largo anello di gomma li fissa pur permettendo di farli scorrere uno nell'altro Un serbatoio saldato al tubo esterno riceve, per l'introduzione del tubo interno, la soluzione in eccesso. Sul tubo esterno è incisa una scala millimetrata che permette di leggere lo spessore dello strato liquido fra le due lastre di quarzo. Tale cella veniva situata tra la fenditura e la sorgente luminosa, i raggi della quale, venivano resi paralleli mediante una lente di quarzo convenientemente situata.

[1] W. M. Hartley, Phil. Trans. of the R. Soc. of London, *170*, (1879-1880), pag. 257.

[2] H. Buisson e Ch. Fabry, Annales de la Faculté de Sciences de Marseille, tom. XVIII, fascicule III (1908).

Servendoci di tale cella d'assorbimento, e disponendo d'uno *chassis* spostabile verticalmente, abbiamo potuto fotografare sulla stessa lastra, senza preoccuparci molto dell'estetica, un grande numero di spettri, l'uno immediatamente al disotto dell'altro, ed il seguente attraverso uno strato di minor spessore che il precedente, ottenendo così direttamente la curva caratteristica dello spettro d'assorbimento di ogni sostanza.

Su ogni lastra abbiamo fotografato 12 spettri, il primo e l'ultimo dei quali è quello del ferro attraverso l'aria, e gli altri quello del ferro attraverso differenti spessori (mm. 30; 20; 15; 10; 5; 3; 2; 1,5; 1; 0,5) delle varie soluzioni. Siccome era malagevole ridurre esattamente lo strato a spessori inferiori ai 5 mm., toglievamo la soluzione dalla cella, e dopo averla diluita con 9 volumi di solvente, si lavava diverse volte con questa nuova soluzione la cella, e, riempitala, facevamo le fotografie mentre i raggi attraversavano successivamente spessori di mm. 30, 20, 15, 10 e 5 della nuova soluzione, corrispondenti a spessori di mm. 3; 2; 1,5; 1; 0,5 di quella concentrata.

Già avanti il 1867 erano note alcune relazioni fra spettro d'assorbimento e costituzione chimica, e le prime ricerche in questo senso son dovute a Graebe e Liebermann [1]. In principio però esse si limitarono alla parte visibile dello spettro cioè a raggi di lunghezza d'onda compresi fra 820 e 375 μ; ma nuove ricerche, specialmente dovute ad Hartley [2], hanno dimostrato che molti corpi presentavano un assorbimento elettivo nell'ultravioletto, potendosi così in senso lato considerare come colorati, talchè con occhi più sensibili dei nostri, potremmo ricevere da essi anche la sensazione del colore.

Le curve d'assorbimento dei corpi, ad eccezione di alcuni pochi casi, molto caratteristiche, sono tali che salgono e scendono assai lentamente, cioè i coefficienti di assorbimento delle regioni spettrali vicine differiscono solamente poco fra di loro; inoltre non vi è alcuna lunghezza d'onda per la quale il coefficiente d'assorbimento sia nullo, ma esso ha nell'intero spettro dei valori positivi per quanto piccolissimi, per cui, attraverso uno strato di spessore infinito anche i corpi, più trasparenti assorbono tutta la luce.

Queste circostanze implicano che gli spettri d'assorbimento delle sostanze solide e liquide, a seconda lo spessore o concentrazione sono molto variabili, talchè nei posti di debolissimo assorbimento questo diventa visibile soltanto negli strati molto forti. Aumentando quindi lo spessore possono mostrarsi delle bande d'assorbimento o allargarsi quelle già esistenti.

Da ciò risulta che uno spettro d'assorbimento è molto variabile e non si può dire di averlo determinato se si esamina con un solo spessore o concentrazione, e, per determinarlo bene, bisogna invece che sia osservato con spessori diversi.

[1] Ber., Chem. Ges., I, pag. 104-106 (1867).
[2] Kaiser, Handbuch der Spektroscopie, vol. III.

Osservazioni.

A) Derivati ftalici.

P-metossifenilftalimmide.

1) Forma bianca.

Per azione del calore si comporta nel modo seguente: dai 140° ai 150° ingiallisce per diventar nuovamente bianca a circa 155°, restando tale sino ai 162°, alla qual temperatura fonde in un liquido giallo, che solidifica per raffreddamento in una massa cristallina bianca.

Il prof. Eugenio Scacchi, che esaminò alcuni bellissimi cristalli ottenuti per evaporazione spontanea di soluzioni acetoniche, ci comunicò i risultati seguenti:

Sistema cristallino: Rombico

$$a : b : c = 1,0096 : 1 : 1,0464$$

Forme osservate:

$$B = (010),\ r = (101),\ q = (011),\ z = (211).$$

Combinazione rinvenuta: Bqrz.

2) Forma gialla.

Riscaldata in tubicino a 158°.5 diventa bianca e rimane tale fino a 161°5, alla qual temperatura fonde in un liquido giallo: per raffreddamento si solidifica in massa cristallina, parte gialla e parte bianca.

La fotocollografia riportata nella tavola finale mentre dà una idea del modo come per ogni sostanza vennero eseguite le fotografie degli spettri di assorbimento dell'arco del ferro per varî spessori, riproduce quella ottenuta colla *p-metossifenilftalimmide gialla* in soluzione alcoolica normale millesima, che è perfettamente identica a quella ottenuta colla forma bianca nelle stesse condizioni. Servendoci dei dati forniti dalle fotografie abbiamo costruito, col solito metodo, le curve d'assorbimento, portando sulle ascisse i limiti dell'assorbimento in λ, e sulle ordinate gli spessori in millimetri dello strato attraversato dai raggi luminosi provenienti dall'arco del ferro.

Nel diagramma (fig. 1) è riportata la curva d'assorbimento che è identica per le due forme:

Essa ci dice che le due forme, bianca e gialla, hanno la stessa struttura, sia essa simmetrica $\left(C_6H_4 \langle {CO \atop CO} \rangle NC_6H_4OCH_3 \right)$ od asimmetrica $\left(C_6H_4 \langle {C{=}N.C_6H_4OCH_3 \atop CO} \rangle O \right)$, e che le due sostanze non sono quindi isomeri chimici.

P-metossifenilftalimmide bianca e gialla
Soluzione alcoolica N/1000

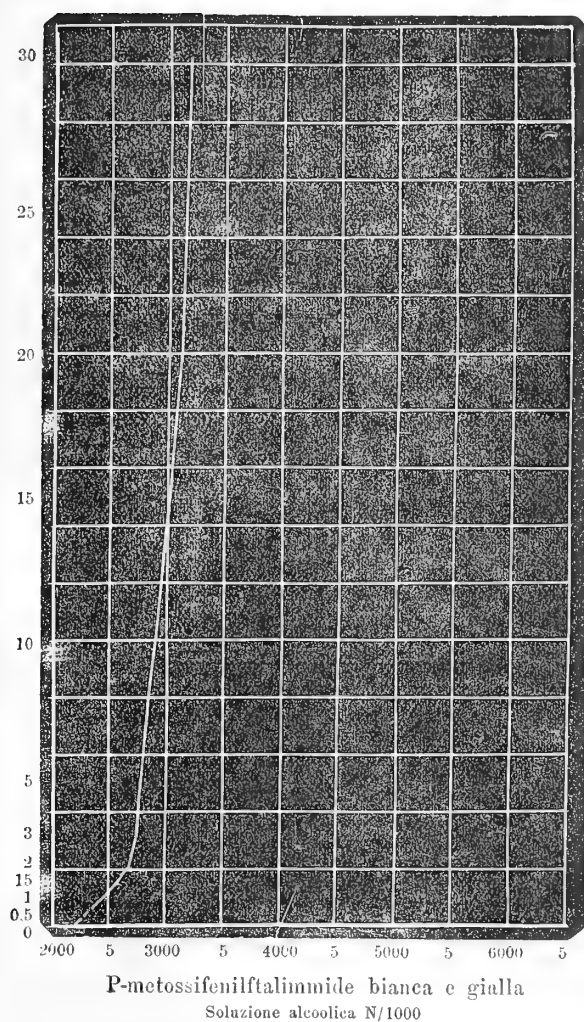
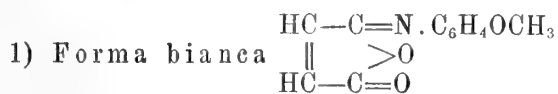



Fig. 1.

B) Derivati maleinici.

P-metossifenilmaleinimmidi.

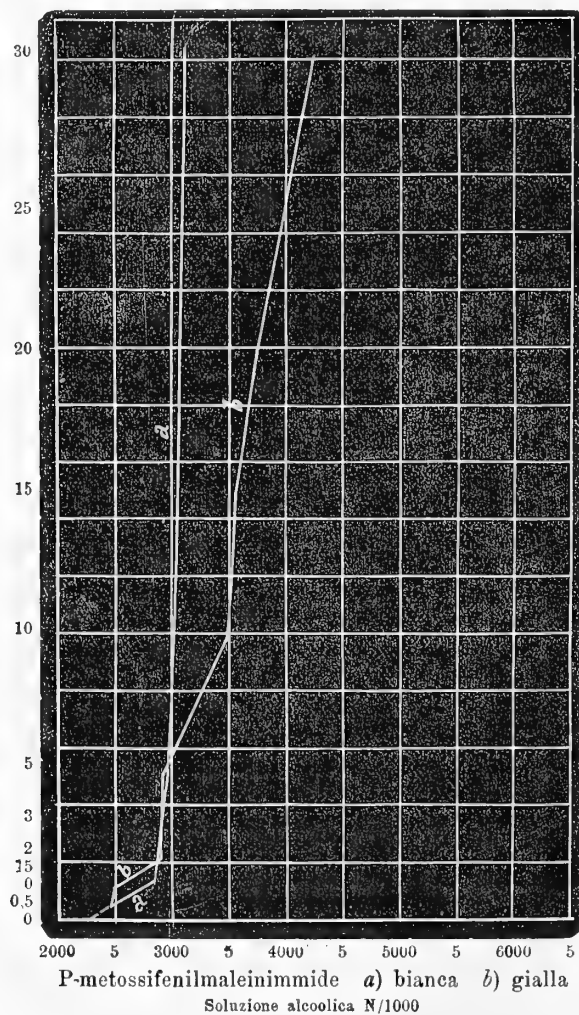
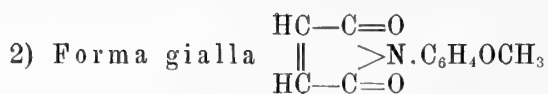
1) Forma bianca

$$\begin{array}{l} HC—C{=}N\,.\,C_6H_4OCH_3 \\ \| \qquad >O \\ HC—C{=}O \end{array}$$

Insolubile o quasi nell'acqua fredda e bollente, poco solubile nell'alcool freddo, molto nel bollente, da cui, col raffreddamento, si rapprende in una massa di cristalli incolori, tabulari, allungati, con estinzione retta. Aggiungendo alla soluzione alcolica acqua bollente sino a che incomincia l'intorbidamento, l'immide si depone in una massa di piccoli aghi fusibili a 145°-146°. Nell'etere è poco solubile a freddo, un po' più a caldo; egualmente si comporta col tetracloruro e col solfuro di carbonio,

dai quali cristallizza in aghetti. Nel benzolo, etere acetico, acetone, cloroformio è solubilissima anche a freddo e cristallizza da essi.

P-metossifenilmaleinimmide *a*) bianca *b*) gialla
Soluzione alcoolica N/1000

Fig. 2.

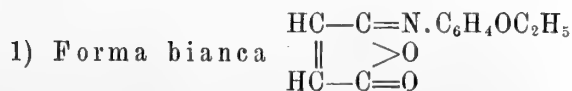
2) Forma gialla $\begin{array}{l} HC—C{=}O \\ \| \qquad >N.C_6H_4OCH_3 \\ HC—C{=}O \end{array}$

E costituita da aghetti sottilissimi, assai leggieri, fondenti a 148°,5.

Nella figura 2 sono riportate le curve d'assorbimento delle due maleinimmidi costruite col solito metodo.

La differenza nelle curve d'assorbimento delle due forme mostra che esse sono chimicamente isomeriche.

P-etossifenilmaleinimmidi.

1) Forma bianca

$$\begin{array}{l} HC—C{=}N.C_6H_4OC_2H_5 \\ \;\| \qquad >O \\ HC—C{=}O \end{array}$$

Si presenta in cristalli incolori, allungati, tabulari, con estinzione retta. È un po' solubile nell'acqua bollente, poco solubile nell'alcool freddo, molto nell'alcool caldo,

P-etossifenilmaleinimmide *a*) bianca *b*) gialla
Soluzione alcoolica N/1000

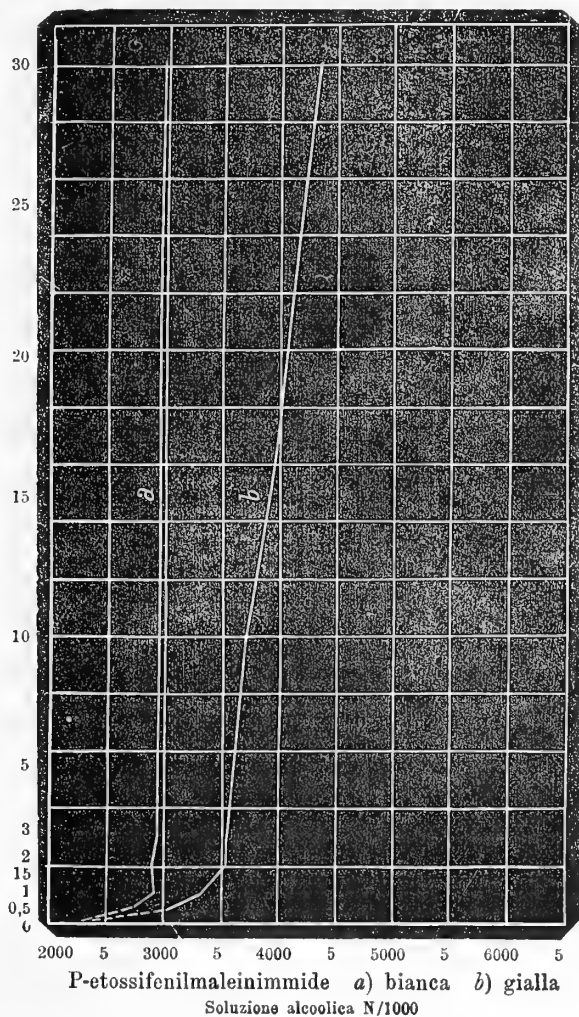
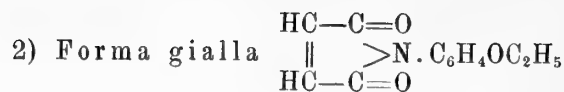



Fig. 3.

da cui cristallizza in aghi di aspetto serico: nel solfuro e nel tetracloruro di carbonio è anche poco solubile a freddo, più solubile a caldo, dalle quali soluzioni cristallizza in sfere formate da sottilissimi aghi. Si scioglie abbastanza in etere, benzolo, etere acetico e cloroformio. Fonde a 127°.

2) Forma gialla
$$\begin{array}{l} HC-C=O \\ \| \qquad > N.C_6H_4OC_2H_5 \\ HC-C=O \end{array}$$

Si presenta in aghetti gialli fusibili a 134°-135°. I cristalli sono tabulari o prismatici allungati con estinzione retta rispetto alla direzione dell'allungamento, e

Nitro-p-acetotoluide bianca e gialla
Soluzione alcoolica N/1000

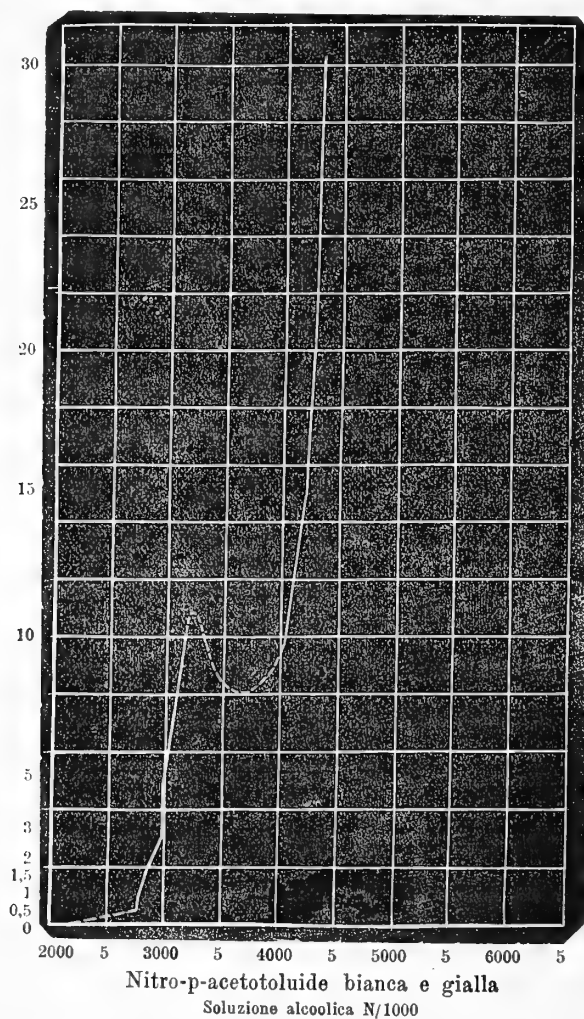



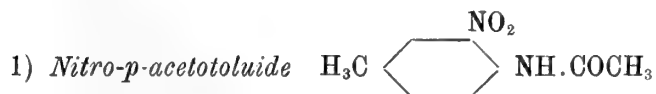
FIG. 4.

mostrano un intenso pleocroismo giallo-canarino-scuro nella direzione normale a quella dell'allungamento e giallo-chiarissimo, quasi incoloro, nell'altra. È molto solubile nell'acido acetico, nell'etere, cloroformio, benzolo, xilolo ed etere acetico. Le soluzioni sono colorate in giallo e per lenta evaporazione lasciano cristallizzare l'immide gialla. Si scioglie a stento nell'idrato potassico acquoso ed alcolico, più facilmente a

caldo, dando soluzioni pressochè incolori, dalle quali mediante acido cloridrico precipita l'acido ammico col punto di fusione 178°. Coll' etilato sodico si comporta diversamente dall' immide bianca, assumendo colorazione rossa poco intensa e sciogliendosi, dopo lunga agitazione, in un liquido giallo.

La figura 3 riporta le curve d'assorbimento delle due forme chimicamente isomeriche.

C) Modificazioni diversamente colorate di altri composti.

1) *Nitro-p-acetotoluide* $H_3C \langle \bigcirc \rangle NH.COCH_3$ (con NO_2 sull'anello)

Fonde a 95°. Cristallizza in due modificazioni, l'una bianca e l'altra gialla, anche dallo stesso solvente.

Nella figura 4 è riportata la curva d'assorbimento, unica per le due modificazioni, il che dimostra la loro isomeria fisica.

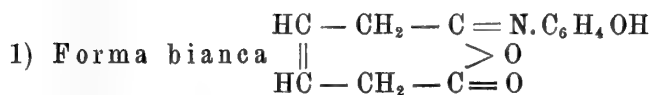
2) *O-p-dinitrofenil-o-tolilammina* $\langle \bigcirc \rangle NH - \langle \bigcirc \rangle NO_2$ (con CH_3 sul primo anello e NO_2 sul secondo)

Si presenta in due forme distinte, una gialla ed una rossa, le quali fondono entrambe a 129° in un liquido rosso, ed hanno la stessa curva di assorbimento riportata nella figura 5:

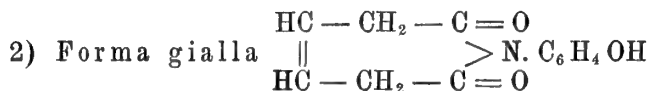
D) Derivati pirocinconici.

P-ossifenilpirocinconimmide.

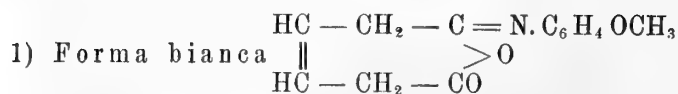
1) Forma bianca

$$\begin{array}{l} HC - CH_2 - C = N.C_6H_4OH \\ \| \qquad\qquad\qquad\quad > O \\ HC - CH_2 - C = O \end{array}$$

Fonde a 204°. Si scioglie anche a freddo nella soluzione al 10 % di carbonato sodico, mentre il liquido assume colorazione gialla che però dopo un paio di minuti scompare.

2) Forma gialla

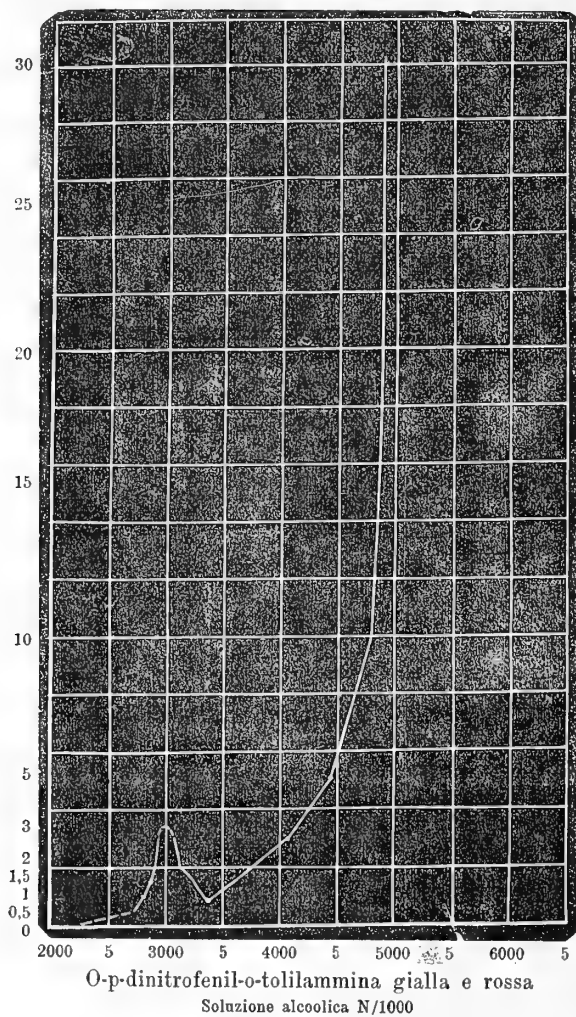
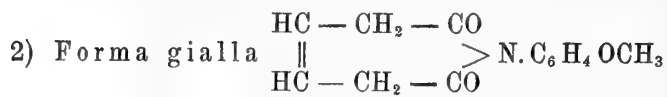
$$\begin{array}{l} HC - CH_2 - C = O \\ \| \qquad\qquad\qquad\quad > N.C_6H_4OH \\ HC - CH_2 - C = O \end{array}$$

Ha un punto di fusione pressochè uguale a quello della forma bianca, poichè fonde a 205°. E facilmente solubile in alcool, molto meno nel benzolo anche a caldo: si scioglie solo a caldo nella soluzione di carbonato sodico, non dando luogo a colorazione gialla: il liquido rimane incoloro. Trattando con acqua la soluzione alcolica dell' immide gialla si ottiene come finissimo precipitato la forma bianca.

P-metossifenilpirocinconimmide.

1) Forma bianca
$$\begin{array}{l} HC - CH_2 - C = N.C_6H_4OCH_3 \\ \| \qquad\qquad\qquad > O \\ HC - CH_2 - CO \end{array}$$

Cristallizza in aghetti bianchi che fondono a 142°. L'immide bianca rimane tale fino alla temperatura di fusione, ma fonde in un liquido giallo che solidifica in giallo.

O-p-dinitrofenil-o-tolilammina gialla e rossa
Soluzione alcoolica N/1000

Fig. 5.

2) Forma gialla
$$\begin{array}{l} HC - CH_2 - CO \\ \| \qquad\qquad\quad > N.C_6H_4OCH_3 \\ HC - CH_2 - CO \end{array}$$

Si presenta in lunghi prismetti di color giallo-paglierino che fondono alla stessa temperatura della forma bianca (142°) in un liquido giallo e risolidificano in giallo.

Lasciando svaporare a temperatura ordinaria soluzioni eteree od acetoniche o precipitando con acqua a temperatura ordinaria le soluzioni acetiche, si ottiene la forma bianca.

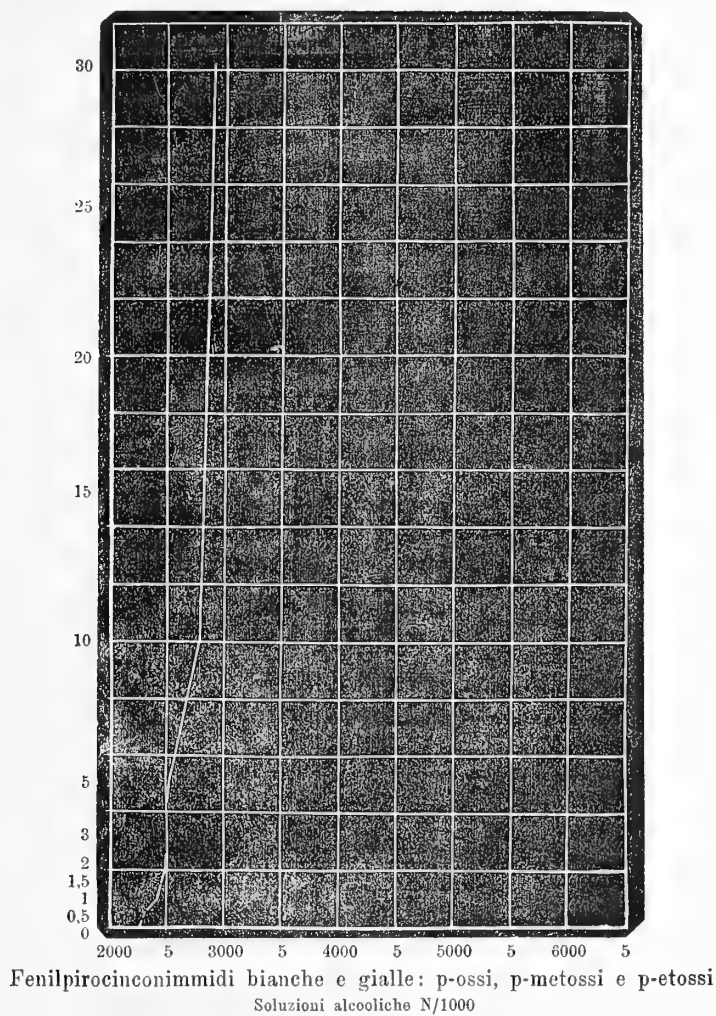
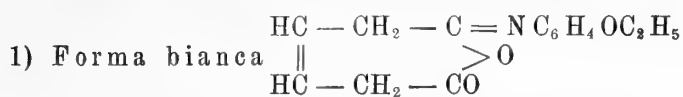
Fenilpirocinconimmidi bianche e gialle: p-ossi, p-metossi e p-etossi

Soluzioni alcooliche N/1000

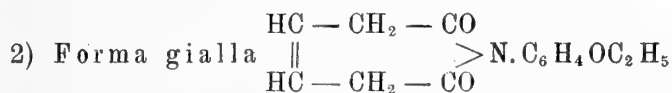
Fig. 6.

P-etossifenilpirocinconimmide.

1) Forma bianca

$$\begin{array}{l} HC - CH_2 - C = N\,C_6H_4OC_2H_5 \\ \| \qquad\qquad\quad >O \\ HC - CH_2 - CO \end{array}$$

Fonde a 119°-120°, rimanendo bianca sino a tale temperatura.

2) Forma gialla

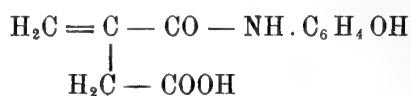
$$\begin{array}{l} HC - CH_2 - CO \\ \| \qquad\qquad\quad >N.C_6H_4OC_2H_5 \\ HC - CH_2 - CO \end{array}$$

Cristallizza dall'alcool, dal benzolo e dall'acido acetico in aghi gialli, finissimi. Dalle soluzioni diluite, per lenta evaporazione a temperatura ordinaria, si separano

aghi lunghi più centimetri, talvolta saldati insieme a fasci. Non si son potuti mai ottenere cristalli misurabili. Fonde a 120°. Aggiungendo rapidamente acqua alle soluzioni acetiche l'immide precipita nella forma bianca.

Le curve d'assorbimento per le forme bianche e gialle di tutti questi composti pirocinconici sono identiche (fig. 6); ciò prova che le due modificazioni diversamente colorate sono fisicamente isomeriche. Nè deve recar meraviglia che le immidi ossi-, metossi-, ed etossi-sostituite, abbiano la stessa curva, poichè in genere la sostituzione con un dato gruppo influisce sull'assorbimento più nelle sostanze con basso peso molecolare, che nei composti complessi. Dobbie e Lauder [1], infatti, hanno dimostrato che l'introduzione del metile o di altri gruppi leggieri non ha alcun effetto sullo spettro d'assorbimento degli alcaloidi.

E) **Derivati itaconici.**

Acidi p-ossifenilitaconammici.

$$\begin{array}{l} H_2C = C - CO - NH . C_6H_4OH \\ \quad\;\;\; | \\ \quad H_2C - COOH \end{array}$$

1) Isomero I.

Cristallizza dai solventi in aghi bianchi fusibili a 161°-162° in un liquido giallobruno. È solubile in alcol, acetone, acido acetico; insolubile nel benzolo, cloroformio, etere, etere di petrolio. Non si colora col cloruro ferrico.

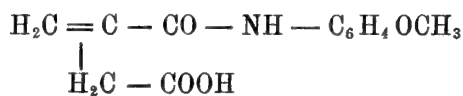
2) Isomero II.

Polvere cristallina gialla, fusibile a 118°-119°: si colora in rosso col cloruro ferrico. Bollito con acqua si trasforma nell'isomero bianco (III) fusibile a 97°-98°.

3) Isomero III.

È bianco. Fonde a 97°-98°. Non si colora col cloruro ferrico.

Acidi p-metossifenilitaconammici.

$$\begin{array}{l} H_2C = C - CO - NH - C_6H_4OCH_3 \\ \quad\;\;\; | \\ \quad H_2C - COOH \end{array}$$

1) Isomero I.

Cristalli aghiformi bianchi, fondenti a 166°-167° in un liquido giallo. Solubile in alcool, acetone, etere acetico; insolubile in benzolo, cloroformio, etere di petrolio;

[1] Trans. Chem. Soc. *83*, 612 (1904).

si scioglie con effervescenza nella soluzione di carbonato sodico, non si colora col cloruro ferrico.

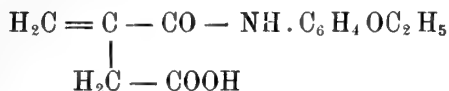
2) Isomero II.

Cristalli gialli fusibili a 144°-145°, solubili in alcool ed acido acetico, pochissimo solubili nell'etere, che si colorano in rosso col cloruro ferrico e bolliti con acqua si trasformano nell'isomero bianco, fusibile a 135°-136° (III).

3) Isomero III.

Cristalli bianchi che fondono a 135°-136° e non si colorano col cloruro ferrico.

Acidi p-etossifenilitaconammici.

$$\begin{array}{l} H_2C = C - CO - NH.C_6H_4OC_2H_5 \\ \quad\;\; | \\ \;\; H_2C - COOH \end{array}$$

1) Isomero I.

Ha reazione acida; si scioglie con effervescenza nella soluzione di carbonato sodico; non si colora col cloruro ferrico; è solubile in alcool, etere acetico, acetone a caldo; insolubile in benzolo, cloroformio, etere di petrolio. Fonde a 165°-166° in un liquido giallo-bruno.

2) Isomero II.

Fonde a 148°-149°; si scioglie con effervescenza nel carbonato sodico e dà una colorazione rossa col cloruro ferrico. Bollito con acqua si trasforma nell'isomero bianco (III) fusibile a 134°-135°.

3) Isomero III.

Cristalli bianchi, solubili in alcool ed acetone, poco solubili in etere, fusibili alla temperatura di 134°-135°.

L'osservazione fatta per le immidi pirocinconiche circa l'effetto della sostituzione sullo spettro d'assorbimento vale anche per questi acidi itaconammici sostituiti (fig. 7).

La curva unica per i due isomeri I e III ci dice che essi, contrariamente ad ogni aspettativa (poichè fondono a differenti temperature), si comportano come isomeri fisici, mentre ognuno di essi sarebbe l'isomero chimico del corrispondente isomero II, come dimostra lo stesso diagramma.

Acidi fenilitaconammici: p-ossi, p-metossi, p-etossi
a) bianchi (isomeri I e III) *b*) gialli (isomeri II)
Soluzioni alcooliche N/1000

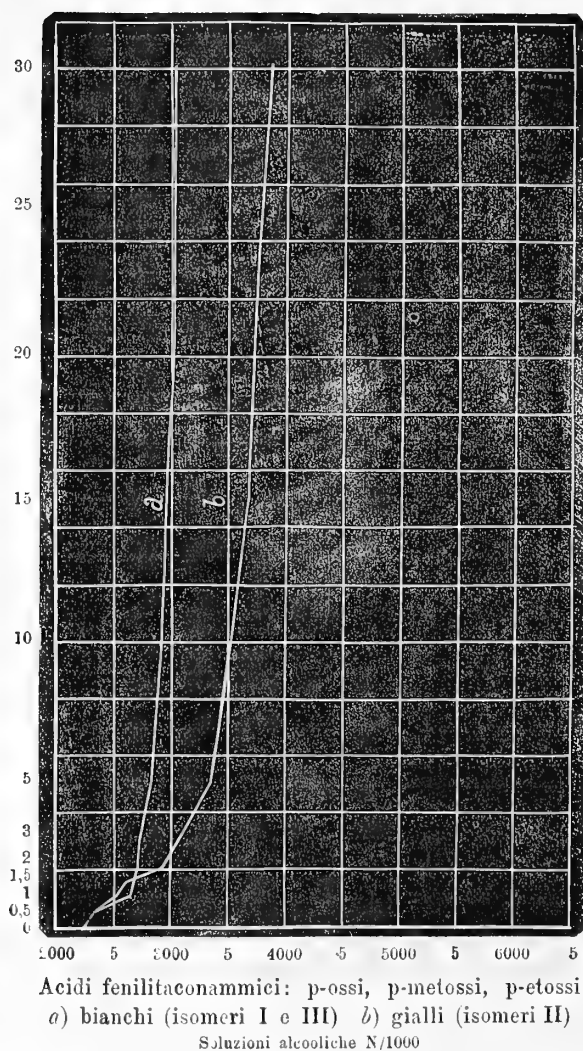



Fig. 7.

F) Derivati fumarici.

P-metossifenilfumardiammide.

1) Forma bianca.

Sostanza bianca cristallina che fonde a 224° e si mostra insolubile nell'acqua, quasi insolubile in etere, benzolo, acqua e cloroformio, facilmente solubile in acido acetico, dalle cui soluzioni, come da quelle di altri acidi grassi (propionico, butirrico, valerianico), si separa colorata in giallo. Scaldato cogli idrati alcalini libera p-anisidina.

2) Forma gialla.

Differisce dalla bianca per il colore e l'aspetto. Sembra infatti amorfa anche al microscopio. Fonde a 220°.

P-metossifenilfumardiammide *a*) bianca *b*) gialla
Soluzione alcoolica N/1000

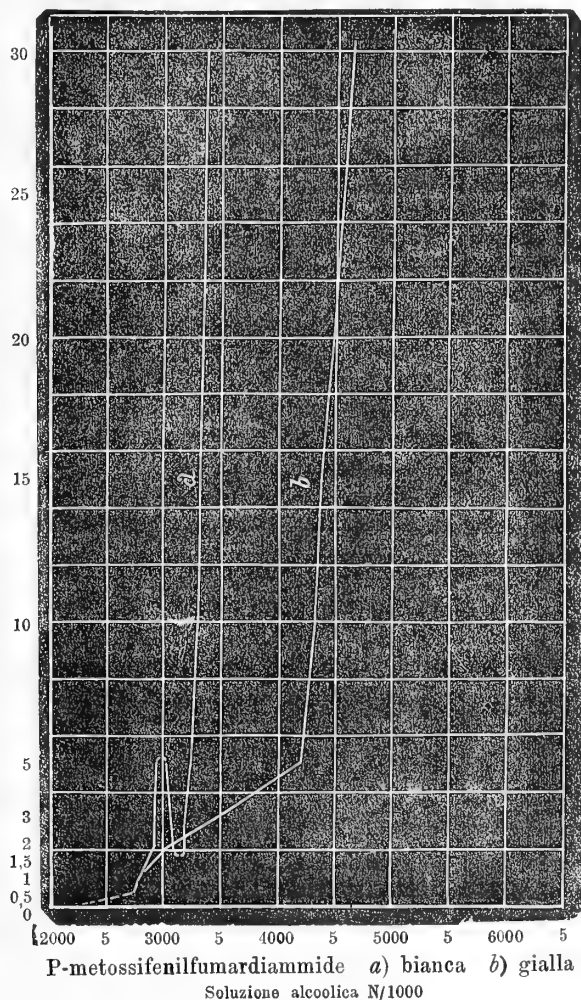



Fig. 8.

Il diagramma della fig. 8 mostra che le due forme bianca e gialla si comportano come gli isomeri chimici.

P-etossi-fenilfumardiammide.

1) Forma bianca.

Fonde a 230°. Presenta un aspetto terroso e al microscopio si risolve in una quantità di aghetti incolori ad estinzione retta. È insolubile in acqua ed etere, un po' solubile in alcool caldo, in benzolo e nel cloroformio; si scioglie molto facilmente in acido acetico colorando la soluzione in giallo scuro. Da quest'ultima si

separano minutissime squamette gialle. Analoga trasformazione avviene usando omologhi superiori dell'acido acetico o triturando il prodotto in un mortaio.

P-etossifenilfumardiammide *a*) bianca *b*) gialla

Soluzione alcoolica N/1000

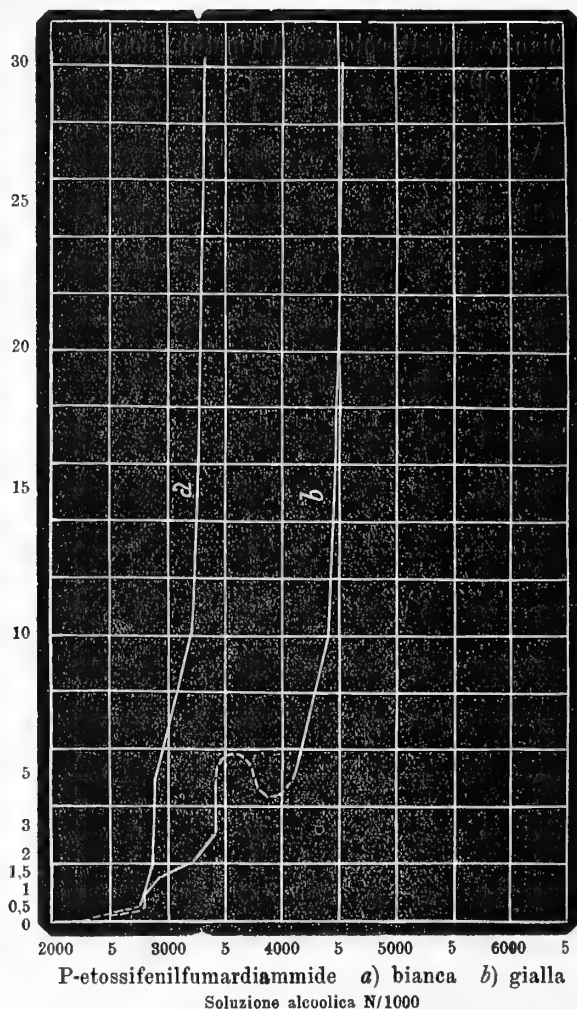



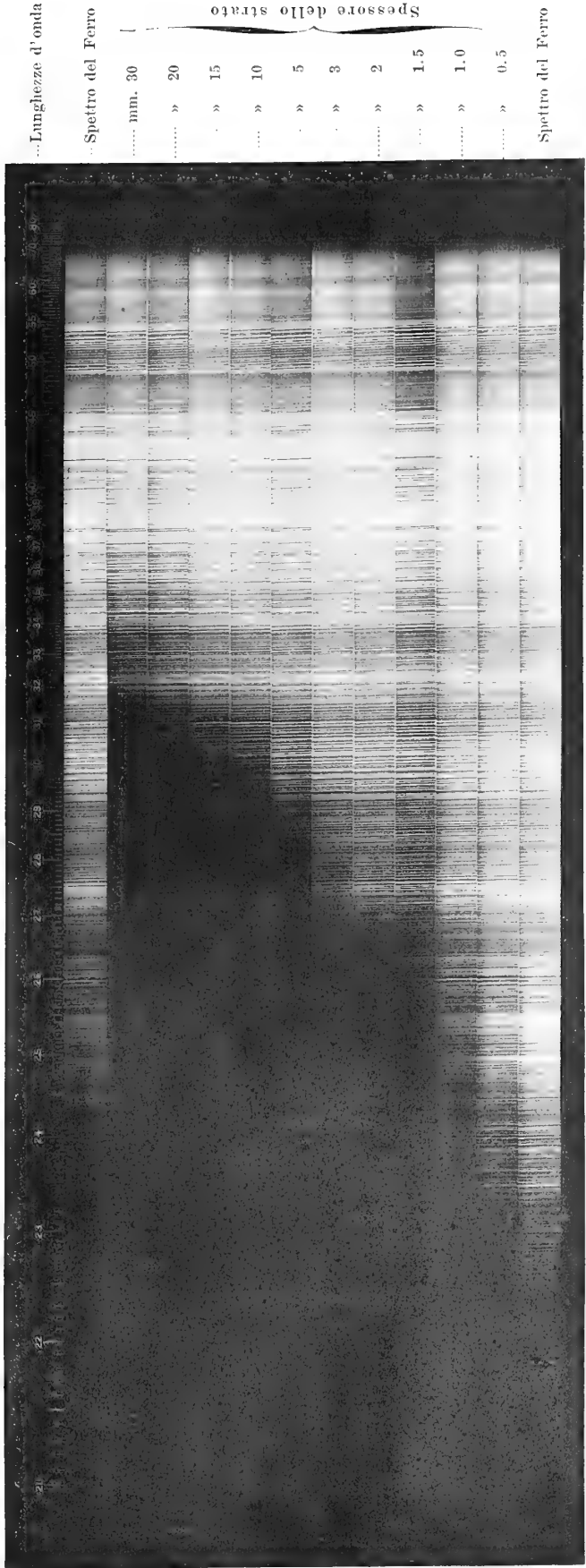
Fig. 9.

2) Forma gialla.

Differisce dalla bianca per il colore e per l'aspetto, presentandosi in tavolette gialle a contorno irregolare e seghettato, con vivo pleocroismo dall' incoloro al giallo. Fonde a 247°.

Il diagramma della fig. 9 mostra che le due forme non danno spettri di assorbimento sovrapponibili e che non si possono perciò considerare come isomeri fisici.

Sarà quindi interessante di approfondire lo studio della loro isomeria onde vedere se nel caso del composto bianco sia avvenuta la sostituzione di una molecola dell'amminofenolo nel doppio legame, epperò se esso si debba considerare come una immide aspartica sostituita piuttosto che come un composto fumarico asimmetrico.

È qui da notare che il metodo fotografico esposto ha permesso di rilevare assai facilmente fra queste sostanze una diversità di struttura che altrimenti non si era avvertita.

Lo spettro del ferro attraverso differenti spessori di una soluzione alcoolica $\frac{N}{1000}$ di p. metossifenilftalimmide (bianca e gialla)

Fotocollografia dello Stab. Arti Fotomeccaniche
Firenze - Viale Principe Eugenio, 36

INDICE DEL VOL. VIII — SERIE 5ª

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

Publicazioni della R. Accademia dei Lincei.

Serie 1ª — Atti dell'Accademia pontificia dei Nuovi Lincei, Tomo I-XXIII.
Atti della Reale Accademia dei Lincei. Tomo XXIV-XXVI.

Serie 2ª — Vol. I. (1873-74).
Vol. II. (1874-75).
Vol. III. (1875-76). Parte 1ª TRANSUNTI.
2ª MEMORIE *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.*
3ª MEMORIE *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.*
Vol. IV. V. VI. VII. VIII.

Serie 3ª — TRANSUNTI. Vol. I-VIII. (1876-84).
MEMORIE *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I. (1, 2). — II. (1, 2). — III-XIX.
MEMORIE *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-XIII.

Serie 4ª — RENDICONTI Vol. I-VII. (1884-91).
MEMORIE *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I-VII.
MEMORIE *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-X.

Serie 5ª — RENDICONTI *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I-XXI. (1892-1912). 2° Sem. Fasc. 1°.
RENDICONTI *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-XX (1892-1912). Fasc. 1°-2°.
MEMORIE *della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.* Vol. I-IX Fasc. 2°.
MEMORIE *della Classe di scienze morali, storiche e filologiche.* Vol. I-XII.

CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE

AI RENDICONTI DELLA CLASSE DI SCIENZE FISICHE, MATEMATICHE E NATURALI
DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

I Rendiconti della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali della R. Accademia dei Lincei si pubblicano due volte al mese. Essi formano due volumi all'anno, corrispondenti ognuno ad un semestre.

Il prezzo di associazione per ogni volume e per tutta l'Italia di L. **10**; per gli altri paesi le spese di posta in più.

Le associazioni si ricevono esclusivamente dai seguenti editori-librai:

ERMANNO LOESCHER & C.° — *Roma, Torino* e *Firenze.*
ULRICO HOEPLI. — *Milano, Pisa* e *Napoli.*